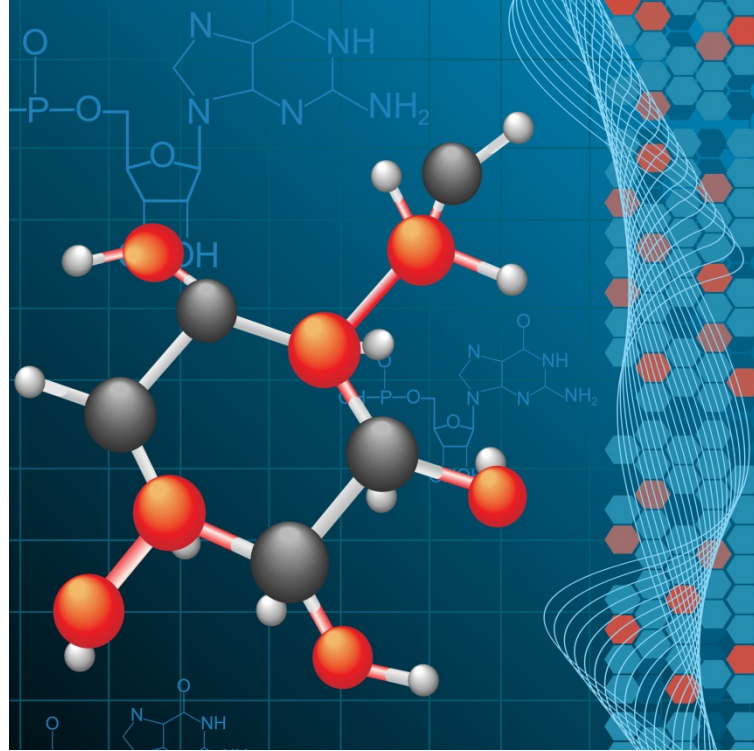




FİZİKOKİMYA LABORATUVARI



Prof. Dr. Ferdane KARAMAN
Prof. Dr. Nergis ARSU
Prof. Dr. Özlem CANKURTARAN
Prof. Dr. Ayfer SARAÇ
Prof. Dr. Müzeyyen DOĞAN
Prof. Dr. Tarık EREN
Prof. Dr. Nevim SAN
Prof. Dr. Meral AYDIN
Prof. Dr. Demet KARACA BALTA

Doç. Dr. Arzu HATİPOĞLU
Doç. Dr. Dolunay ŞAKAR DAŞDAN
Doç. Dr. Sevnur KESKİN DOĞRUYOL
Doç. Dr. Fatih ÇAKAR
Doç. Dr. Özlem YAZICI
Araş. Gör. Şeyda AYDOĞDU
Araş. Gör. Volkan UĞRAŞKAN
Araş. Gör. Birol IŞIK
Araş. Gör. Elif ÖZÇELİK
Araş. Gör. Deniz KILIÇ

İSTANBUL, 2022



FİZİKOKİMYA LABORATUVARI

Prof. Dr. Ferdane KARAMAN
Prof. Dr. Nergis ARSU
Prof. Dr. Özlem CANKURTARAN
Prof. Dr. Ayfer SARAÇ
Prof. Dr. Müzeyyen DOĞAN
Prof. Dr. Tarık EREN
Prof. Dr. Nevim SAN
Prof. Dr. Meral AYDIN
Prof. Dr. Demet KARACA BALTA

Doç. Dr. Arzu HATİPOĞLU
Doç. Dr. Dolunay ŞAKAR DAŞDAN
Doç. Dr. Sevnur KESKİN DOĞRUYOL
Doç. Dr. Fatih ÇAKAR
Doç. Dr. Özlem YAZICI
Araş. Gör. Şeyda AYDOĞDU
Araş. Gör. Volkan UĞRAŞKAN
Araş. Gör. Birol IŞIK
Araş. Gör. Elif ÖZÇELİK
Araş. Gör. Deniz KILIÇ

İSTANBUL, 2022

Emeği geçen eski ğretim Üyesi ve Elemanlarımız:

Prof. Dr. Zekiye ÇINAR

Dr. Öğr. Üyesi Hale BERBER

Dr. Öğr. Üyesi M. Arif KAYA

Dr. Öğr. Üyesi Yasemin TAMER

Dr. Nazlı TÜRK TEN

Dr. Dila KAYA

Dr. Feyza KARASU

Dr. Murat KILIÇ

Dr. Çağdaş BÜYÜKPINAR

FİZİKOKİMYA LABORATUVARI

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ		FOTOĞRAF
ADI-SOYADI	ÖĞRENCİ NO	
e-posta	Gsm No	
Laboratuvar Asistanı	Laboratuvarın Yapıldığı Dönem	

DENEY NO	DENEY ADI	DENEY TARİHİ	SONUÇLAR	İMZA
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

FİZİKOKİMYA LABORATUVARI

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ		FOTOĞRAF
ADI-SOYADI	ÖĞRENCİ NO	
e-posta	Gsm No	
Laboratuvar Asistanı	Laboratuvarın Yapıldığı Dönem	

DENEY NO	DENEY ADI	DENEY TARİHİ	SONUÇLAR	İMZA
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

BEYAN

ADI-SOYADI:

ÖĞRENCİ NUMARASI:

Fizikokimya Laboratuvarındaki güvenlik kuralları hakkında laboratuvar asistanları tarafından bilgilendirilmiş bulunmaktayım. Ayrıca, güvenlik kurallarına uymamam durumunda, laboratuvar da karşılaşacağım olası tehlikelerle ilgili uyarıldım. Kişisel güvenliğin önemini anladım ve Fizikokimya Laboratuvarında her zaman kişisel korunma amacıyla **laboratuvar gözlüğü, laboratuvar önlüğü ve eldiven** giymem gerektiğini biliyorum. Güvenlik kurallarını ihlal etmem durumunda, olası laboratuvar kazalarının tüm sorumluluğunu kabul ediyorum.

Güvenlik kurallarına uymadığım takdirde doğacak herhangi bir zarardan, Fizikokimya Laboratuvarı hocalarını sorumlu tutmayacağımı beyan ederim.

Tarih:

Yer: Fizikokimya Laboratuvarı

İmza:

BEYAN

ADI-SOYADI:

ÖĞRENCİ NUMARASI:

Fizikokimya Laboratuvarındaki güvenlik kuralları hakkında laboratuvar asistanları tarafından bilgilendirilmiş bulunmaktayım. Ayrıca, güvenlik kurallarına uymamam durumunda, laboratuvar da karşılaşacağım olası tehlikelerle ilgili uyarıldım. Kişisel güvenliğin önemini anladım ve Fizikokimya Laboratuvarında her zaman kişisel korunma amacıyla **laboratuvar gözlüğü, laboratuvar önlüğü ve eldiven** giymem gerektiğini biliyorum. Güvenlik kurallarını ihlal etmem durumunda, olası laboratuvar kazalarının tüm sorumluluğunu kabul ediyorum.

Güvenlik kurallarına uymadığım takdirde doğacak herhangi bir zarardan, Fizikokimya Laboratuvarı hocalarını sorumlu tutmayacağımı beyan ederim.

Tarih:

Yer: Fizikokimya Laboratuvarı

İmza:

İÇİNDEKİLER

LABORATUVAR KURALLARI	ii
GÜVENLİK KURALLARI	iv
DENEYLER	
1. Çözünürlük Yöntemi ile Çözünme Isısının Tayini	1
2. Sıvıların Yüzey Geriliminin Tayini	3
3. Maxwell-Boltzman Hız Dağılımı	13
4. Sıvıların Molar Buharlaşma Isılarının Tayini	19
5. Metallerin Genleşme Katsayısının Dilatometrik Yöntem ile Belirlenmesi	23
6. Viskozite	27
7. Sıvıların Kırılma İndisi ve Moleküler Kırılma	32
8. Optik Çevirme ve Polarimetrik Yöntemle Konsantrasyon Tayini	37
9. Kalorimetre Bombası ile Yanma Isısının Bulunması	41
10. Kısmen Karışan Sıvıların Çözünürlüğünün İncelenmesi	46
11. İkinci Mertebeden Bir Reaksiyonun İncelenmesi Etil Asetatın Sabunlaşması	50
12. Su Buharı Destilasyonu	53
13. Kriyoskopi	58
14. Reaksiyon Hızları Üzerine Sıcaklığın Etkisi ve Kimyasal Bir Reaksiyonun Aktivasyon Enerjisinin Bulunması	64
15. α , α' -Azobisisobütironitril (AIBN)' in Bozunma Reaksiyonunun Kinetiğinin İncelenmesi	67
16. Birinci Mertebeden Reaksiyonlar Polarimetrik Yöntem	71
17. Ebülüyoskopi	75
18. Victor Meyer Yöntemi ile Molekül Ağırlığının Tayini	80
19. Ayırışma Dengesi	84
KAYNAKLAR	88
PERİYODİK TABLO	89

LABORATUVAR KURALLARI

1. Laboratuvar denemeleri için A4 ebadında harita metot defteri kullanılmalıdır.
2. Laboratuvar defterinin ilk sayfasına öğrencinin kişisel bilgileri (Adı, Soyadı, Öğrenci No) yazılmalı ve kişiye ait fotoğraf bu sayfaya yapıştırılmalıdır.
3. Laboratuvar defterinin ikinci sayfasına denemelerin ismi, yapıldığı tarih, denemeden elde edilen sonuç ve onay imzası için olacak şekilde bölümlere (sütunlara) sahip bir tablo hazırlanacaktır. Denemeleri başarıyla tamamlayan öğrencinin bu tabloya onay imzası alması gerektiğinden bu tablonun uygun formatta hazırlanmasına dikkat edilmelidir.
4. Her öğrenci laboratuvara gelirken laboratuvar önlüğü, Fizikokimya II Föyü, A4 ebadında bir harita metot laboratuvar defteri, milimetrik grafik kâğıdı, cetvel ve hesap makinesini yanında getirecektir.
5. Laboratuvar denemeleri öncesinde deneyin özeti laboratuvar defterine özenli bir şekilde hazırlanacaktır.
6. Deneyi yapacak gruptaki kişiler denemenin başında deneyi yaptıran kişi tarafından sözlü/yazılı sınava alınabilir, bu sınavdan başarısız veya yetersiz görülen kişiler veya tüm grup, denemeye alınmayacak ve telafiye kalacaktır. Bu nedenle denemelere böyle bir sınava hazır olacak bir şekil de gelinmelidir.
7. Laboratuvara geç kalan kişi deneye alınmaz ve telafiye kalır.
8. Laboratuvarda deneylerin gerçekleştirilmesi esnasında deneyin başından ayrılmak, bankolar arasında gezinmek, laboratuvarı terk etmek, cep telefonu ile başkalarını rahatsız edecek ve genel düzeni bozacak şekilde görüşmek, gereğinden yüksek sesle ve uzun süreli konuşmak yasaktır. Özetle laboratuvardaki deneylerin gerçekleştirilmesini engelleyecek nitelikte hal ve davranışlardan kaçınılmalıdır bunun aksi şekilde davranan öğrenciler uyarılır, bu uyarıya rağmen durumunu değiştirmeyen öğrenciler, telafiye kalırlar.
9. Denemelerin gerçekleştirilmesini müteakip **1 hafta** içinde, deneyin yapıldığına dair onay imzası alınmalıdır. Bu süre zarfında imzasını almayan öğrenciler telafiye kalır ve aynı deneyi tekrarlarlar.
10. Deneyinizi tamamlamadan ilgili hocanızdan izin almadan daha önce yapmış olduğunuz deneylerle ilgili imza almak için diğer hocalarınıza gitmeyiniz. Yapmakta olduğunuz deneyi tamamlayarak ve/veya hocanızdan izin alarak diğer deney imzaları için hocalarınızla görüşünüz.

11. Laboratuvar denemelerine öğrenciler gruplar halinde alındığından, denemenizi size ayrılan süre içinde tamamlamaya çalışınız. Herhangi bir durum nedeniyle deneyinizi (hesaplama veya grafik çizimi için) tamamlayamamanız durumunda deneyin yapıldığı bankoyu boşaltınız ve laboratuvarın uygun yerinde deneyinizi tamamlayınız.

ÖNEMLİ NOT:

- Laboratuvar denemelerini tamamlamayan öğrenci Final sınavına katılamaz ve dersten BAŞARISIZ sayılır.
- Laboratuvar denemelerinden 1 adet mazeretsiz, belgelendirmesi halinde ise 1 adet mazeretli telafi hakkı bulunmaktadır, daha fazla sayıda telafiye kalmış öğrenciler laboratuvarı tamamlayamazlar.
- Laboratuvar ile ilgili yaşanan problemleri “Laboratuvar Sorumlusu” ile görüşünüz.

GÜVENLİK KURALLARI

1. Kesinlikle asit üzerine su dökmeyiniz. Daima asidi su üzerine yavaşça ekleyiniz.
2. Kırık veya çatlak cam kapları kullanmayınız.
3. Cam boruların içine tıpaları yerleştirirken zorlamayınız.
4. Sıvı maddeleri, pipete almak için daima puar kullanınız.
5. Isıttığınız cam ve porselen malzemeleri elinizle tutmayınız; bunlar için tüp maşası kullanınız.
6. Isıttığınız bir test tüpünün açık ucunu, kesinlikle yanınızda bulunan kişilere doğru tutmayınız.
7. Maddeleri alev kullanarak cam bir kap içerisinde ısıtırken, camı ısıdan korumak için amyant kullanınız.
8. Kimyasalların neden olduğu gaz ve kokuları solumayınız. Eğer bir koku fark edilmiş ise, laboratuvarı havalandırınız ve oradan uzaklaşınız.
9. Güvenlik konusunda her zaman bilinçli davranınız. Laboratuvar faaliyetlerinde
10. Kazalara karşı dikkatli ve tedbirli olmalısınız.
11. Malzemelerinizi, çalışma masalarınızın kenarlarına koymaktan sakınınız.
12. Laboratuvarda asla hiçbir şey yemeyiniz ve içmeyiniz. Laboratuvar malzemelerine yiyecek veya içecek koymayınız.
13. Dökümlü elbiseler giymekten ve dağınık uzun saçlardan sakınınız.
14. Kimyasal lavaboya dökmeyiniz.
15. Çalışmaya başlamadan önce işlem sırasını dikkatlice okuyunuz; anlamadığınız yerde asistanlarınıza sorunuz ve kesinlikle bu sıraya göre deneylerinizi yapınız.

1. DENEY

ÇÖZÜNÜRLÜK YÖNTEMİ İLE ÇÖZÜNME İSİSİNİN TAYİNİ

1.1. Amaç

Bir çözücü içerisinde çözünen bir maddenin değişik sıcaklıklardaki çözünürlüklerinden yararlanarak çözünme ısısını tayin etmektir.

1.2. Teori

Bir maddenin başka bir madde içerisinde homojen olarak dağılması olayına **çözünme** denir. **Çözünürlük** ise 100 mL çözücü içerisinde çözülmüş madde miktarıdır. Bir katının bir çözücüdeki çözünürlüğü; katının türüne, çözücünün türüne ve sıcaklığa bağlıdır. Çözünme olayı endotermikse çözünürlük, sıcaklık artışı ile artar. Olay ekzotermikse sıcaklık artışı ile çözünme azalır. Bir maddenin çözünürlüğünün sıcaklıkla değişimi;

$$\frac{d \ln S}{dT} = \frac{\Delta H_s}{RT^2} \quad (1.1)$$

Van't Hoff eşitliği ile ifade edilir. T_1 ve T_2 sıcaklıklarında, çözünürlükler sırası ile S_1 ve S_2 olup bu sıcaklıklar arasında molar çözünme ısısı ΔH_s 'in değişmediği kabul edilerek Eşitlik (1.1) in integrali alınır;

$$\ln \frac{S_2}{S_1} = \frac{\Delta H_s}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad (1.2)$$

elde edilir.

$\ln S$ ile $1/T$ arasında bir grafik çizilerek, elde edilen doğrunun eğiminden ΔH_s hesaplanabildiği gibi, katı maddenin iki farklı sıcaklıktaki çözünürlükleri bilinirse, Eşitlik (1.2)'de yerine konularak da ΔH_s hesaplanabilir.

1.3. Alet ve Maddeler

50°C'lık 0,1 aralıklı bir termometre, 2 adet tartı kabı, 5 mL lik 2 adet pipet, 250 mL lik 3 adet erlen, 500 mL lik erlen, büret, oksalik asit, 0,6 N sodyum hidroksit çözeltisi, fenolftalein indikatörü.

1.4. Deneyin Yapılışı

1. Oksalik asidin 50°C'daki doymuş çözeltisini hazırlayınız ve sonra çözeltiyi soğutunuz.
2. Oksalik asidin doymuş çözeltisini su banyosuna yerleştiriniz ve banyonun sıcaklığını 25°C'ye ayarlayınız.
3. Doymuş çözeltiyi baget yardımı ile karıştırarak, çözeltinin sıcaklığını sürekli kontrol ediniz. Sıcaklık 25°C olduğunda çözelti ortamından, ısıtıcı üzerinde hafif ısıtılmış pipet yardımı ile 5 mL örnek alarak, 250 mL lik bir erlene alınız ve 3 damla fenolftalein indikatörü katınız. 0,6 N NaOH ile titre ederek, sarfiyatı (S_o) yazınız. Aynı işlemleri 30, 35 ve 40°C için tekrarlayarak sarfiyatları kaydediniz.

1.5. Hesaplamalar

1. Sarfiyatlardan, aşağıdaki eşitlik yardımı ile her sıcaklıktaki 100 mL çözeltide çözünmüş oksalik asit miktarını (çözünürlüğü) hesaplayınız.

$$S = \frac{E \cdot N \cdot S_o}{1000} \frac{100}{V} \quad (1.3)$$

Bu eşitlikte;

- S : Çözünürlük, g/100 mL
S_o : 0,6 N NaOH sarfiyatı, mL
V : Titre edilen oksalik asit çözeltisinin hacmi, mL
E : Oksalik asidin eşdeğer-gram tartısı
M_{oksalik asit} : 126 g.mol⁻¹

2. İki ayrı sıcaklıktaki çözünürlük değerlerinden Eşitlik (1.3) yardımı ile oksalik asidin molar çözünme ısısı ΔH_s değerini hesaplayınız.
3. lnS ile 1/T değerleri arasında bir grafik çiziniz. Elde edilen doğrunun eğiminden molar çözünme ısısı ΔH_s değerini hesaplayınız.
4. Madde (2) ve (3)'te analitik ve grafik yöntemlerle elde ettiğiniz ΔH_s değerlerini karşılaştırınız ve iki yöntemin doğruluğuna ilişkin yorum getiriniz.

2. DENEY

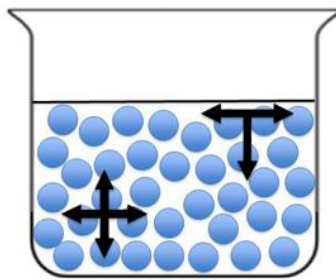
SIVILARIN YÜZEY GERİLİMİNİN TAYİNİ

2.1. Amaç

Sıvıların yüzey gerilimlerinin Du Noüy halka koparılma, kapiler yükselme ve damla sayımı yöntemleri ile tayini ve bir sıvının yüzey geriliminin sıcaklıkla değişiminin incelenmesidir.

2.2. Teori

Sıvılarda iç kısımlarda bulunan moleküller çevrelerindeki komşu moleküller tarafından her yönden eşit olarak, küresel simetrik şekilde, çekim kuvvetlerinin etkisi altında bulunurlar (Şekil 2.1). Böylece sıvı içerisindeki bir moleküle etkiyen kuvvetler birbirini dengeler ve sıvıyı bir arada tutarlar. Bu kuvvetlere ‘kohezyon kuvvetleri’ denir. Sıvının yüzeyindeki bir molekül ise buhar fazındaki yoğunluk, sıvı fazdan düşük olduğundan, yüzeyin altındaki moleküller tarafından sıvının içerisine doğru çekilir. Bu, sıvının yüzeyinin sıvının iç taraflarına doğru çekilmesine ve gergin durmasına neden olur. Sıvının, kohezyon kuvvetleri ile orantılı olan, yüzey gerilimi ortaya çıkar. Bunun sonucunda bütün sıvılar yüzey alanlarını azaltmaya çalışır böylece yüzey enerjisi mümkün olduğunca düşük olur. Sıvı içerisindeki moleküller ise, yüzeydekilere göre daha fazla çekim kuvvetinin etkisi altında bulunduklarından, potansiyel enerjileri, yüzeydeki moleküllerin potansiyel enerjilerinden daha düşüktür.



Şekil 2.1 Sıvının yüzeyinde ve iç taraflarındaki moleküller arası çekim kuvvetleri

Termodinamik prensiplerine göre çekme kuvvetleri her zaman sistemlerin enerjilerini azaltır. Bir sıvının yüzey alanını ΔA kadar arttırmak için yapılması gereken iş miktarı ΔE ise, sıvının spesifik yüzey enerjisi, ε ,

$$\varepsilon = \frac{\Delta E}{\Delta A} \quad (2.1)$$

bağıntısı ile gösterilir.

Bir sıvının yüzeyinden alınan birim uzunluğu gergin tutan kuvvete ‘yüzey gerilim’ denir ve aşağıdaki eşitlik ile gösterilir. Birbiriyle karışmayan iki sıvının temas yüzeyinden alınan birim uzunluğu gergin tutan kuvvete ise ‘yüzeyler arası gerilim’ denir.

$$\gamma = \frac{F}{l} \quad (2.2)$$

Burada F kuvveti, l uzunluğunun kesiti boyunca yüzeye teğet olarak etkisini sürdürür. Eğer yarıçapı r olan bir halka kullanılırsa, uzunluğun kesiti;

$$l = 2.2\pi r \quad (2.3)$$

olur.

Yüzey geriliminin SI sistemindeki birimi Newton (Nm^{-1}) veya ($1\text{J} = \text{Nm}$) Jm^{-2} dir. CGS sistemindeki birimi ise dyn.cm^{-1} ya da erg.cm^{-2} dir.

2.2.1. Sıcaklıkla Yüzey Geriliminin Değişmesi

Bir sıvı ısıtıldığında moleküllerin kinetik enerjisi artar, kohezyon kuvvetleri zayıflar. Yüzey gerilimi doğrusal olarak azalır. Kohezyon kuvvetleri sıfıra yaklaştığında, yüzey gerilimi kritik sıcaklıkta en küçük değerine ulaşır. Sıcaklık ile yüzey gerilim arasındaki ilişki aşağıdaki eşitlikte gösterildiği gibidir.

$$\gamma\left(\frac{M \cdot x}{\rho}\right)^{2/3} = k(T_k - T - 6) \quad (2.4)$$

Burada T_k , kritik sıcaklık; k , ampirik sabit ($2,1 \times 10^{-7} \text{ J/K}$); ρ , sıvının yoğunluğu; x , sıvının assosiasyon derecesi; M , sıvının molar kütesidir.

2.2.2. Parakor

Yüzey gerilim ile yoğunluk arasındaki bağıntı MacLeod tarafından aşağıdaki bağıntı ile verilmiştir.

$$\gamma = C(d_s - d_b)^4 \quad (2.5)$$

Burada; C, sıvıyla ilgili bir katsayı; d_s , sıvının yoğunluğu; d_b , buharın yoğunluğu; γ , yüzey gerilimidir.

Sugden Eşitlik (2.5)'i kullanarak Eşitlik (2.6)'yı elde etmiştir.

$$C^{1/4} = \frac{\gamma^{1/4}}{d_s - d_b} \quad (2.6)$$

Eşitlik (2.6)'nın her iki tarafı sıvının molar kütlesi ile çarpılırsa;

$$P = MC^{1/4} = \frac{M\gamma^{1/4}}{d_s - d_b} \quad (2.7)$$

eşitliği elde edilir.

Düşük sıcaklıkta d_s yanında d_b ihmal edilebilir. Burada P değerine Parakor adı verilir.

$$P = MC^{1/4} = \frac{M}{d_s} \gamma^{1/4} \quad (2.8)$$

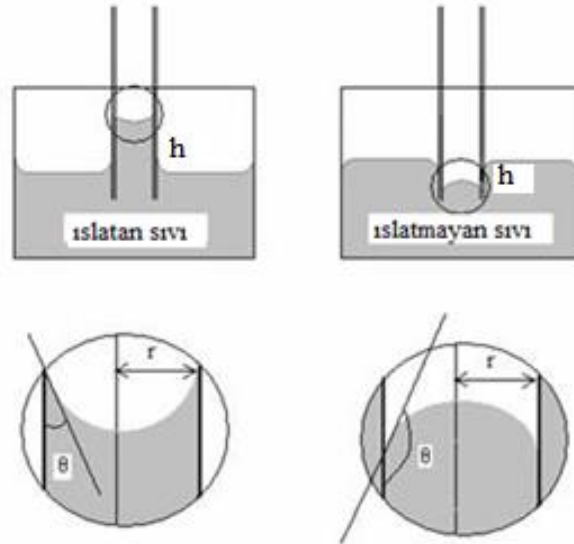
$$P = V_m \gamma^{1/4} \quad (2.9)$$

2.2.3. Yüzey Gerilimi Ölçüm Yöntemleri

Yüzey gerilimi ölçümü için birçok yöntem uygulanabilir. Her birinin avantajları ve sınırlamaları vardır. Hangi yöntemin uygulanacağı sıvının niteliğine, ölçüm koşullarına ve sıvı yüzeyinin kararlılığına bağlıdır. Klasik yüzey gerilim ölçüm yöntemlerinden en önemlileri, sıvıların bir kılcal boruda (cam tüpte) yükselmesi veya düşmesi (kapiler), damla ağırlığı belirleme veya damla sayma (stalagmometri) ve maksimum kabarcık basıncının belirlenmesi yöntemleridir. Du Noüy halka ve Wilhelmy levha (plaka) koparılması yöntemleri ise ekipman bazlı modern laboratuvar yöntemleridir.

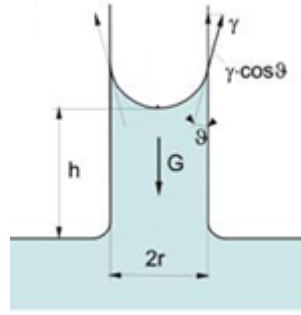
2.2.4. Kapiler Yükselmesi Yöntemi

Bir kapiler cam tüp bir sıvının içerisine yerleştirildiğinde (Şekil 2.2), su gibi ıslatan sıvılar tüp içerisinde kendiliğinden yükselirken civa gibi ıslatmayan sıvılar da kendiliğinden alçalır. Islatan sıvıların molekülleri ile cam arasındaki çekim kuvvetleri (adhezyon kuvvetleri) sıvı moleküllerinin birbiri arasındaki çekim kuvvetlerinden daha büyüktür. Kapiler tüpte yükselmeye bu adhezyon kuvvetleri yol açmaktadır. Islatmayan sıvının molekülleri ile cam arasındaki çekim kuvvetleri sıvı moleküllerinin birbiri arasındaki çekim kuvvetlerinden (kohezyon kuvvetleri) çok küçük kalmaktadır. Kapiler tüpte alçalmaya yol açan bu kohezyon kuvvetleridir. Bir kapiler içerisindeki sıvının kapiler duvarları ile yaptığı açı 90° den küçük ise sıvı kapiler yüzeyini ıslatır ve sıvının yüzeyinde iç bükey bir menisküs oluşur. Temas açısının 90° den büyük olması halinde sıvı kapileri ıslatmaz ve dış bükey bir menisküs oluşur.



Şekil 2.2 Islatan ve ıslatmayan sıvıların kapiler cam tüpteki görünüşleri

Kapiler yükselmesi yönteminde, kaptaki sıvı yüzeyinden itibaren kapiler tüpteki sıvının yüksekliği ölçülür. Yerçekimi ivmesinin g olduğu bir yerde yoğunluğu ρ olan bir sıvının Kapiler tüpte h kadar yükselmesi sonucu, oluşan sıvı sütununun ağırlığı toplamı yüzey gerilimi kuvvetine eşit olmalıdır.



Şekil 2.3 Bir sıvının kapiler cam tüpteki yükselmesi

Yazılan kuvvet denkliklerinden yüzey gerilim;

$$\gamma = \frac{hr\rho g}{2 \cos \theta} \quad (2.10)$$

eşitliği ile bulunur.

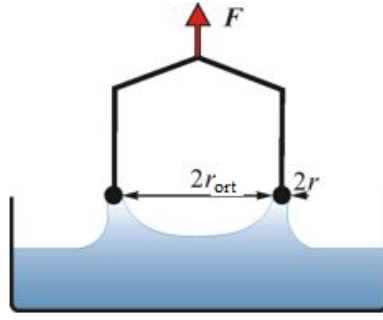
Islatan sıvılarda değme açısı $\theta \sim 0$ ve $\cos \theta \sim 1$ olacağından yüzey gerilim eşitliği;

$$\gamma = \frac{hr\rho g}{2} \quad (2.11)$$

halini alır.

2.2.5. Du Noüy Halka Koparılması Yöntemi

En eski (1878) yüzey gerilim ölçüm yöntemlerinden biridir. Genellikle platin ya da platin/iridyum alaşımından yapılmış, 2-3 cm çapında bir dairesel halka kullanılır. Yüzey gerilimi ölçümünde, dengede asılı şekilde bulunan bu halka önce yatay olarak sıvı yüzeyine daldırılır ve sonra sıvı-hava ara-yüzeyine yavaşça yükseltilir. Tam kopma anında maksimum kuvvet ölçülür (Şekil 2.4). Metaller yüksek enerjili maddeler olduğu için, sıvının metal bir yüzeye yapışması (adhezyonu) sıvı içerisindeki kohezyondan daha büyüktür. Ayrıca, halka ile sıvı arasındaki değme açısı, tamamıyla ıslanmadan dolayı genellikle sıfırdır. Böylece, halka sıvı yüzeyinden koparıldığı anda aşılması gereken kuvvet (ıslanan halkayı yüzeyden koparmak için), adhezyon yerine kohezyondur.



Şekil 2.4 Kopma Anında Sıvı Yüzeyinin Görünümü

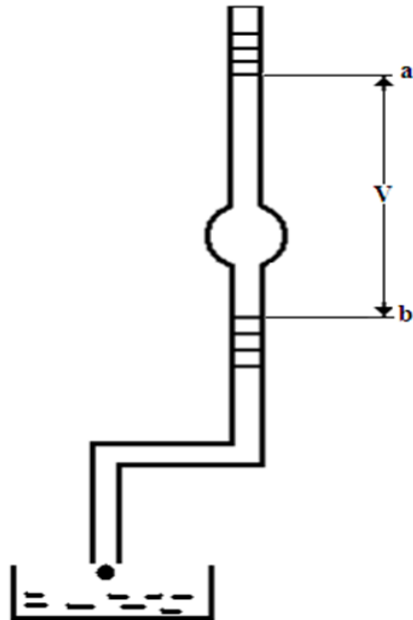
Yüzey gerilimi tanımından, kopma anındaki dengedeki kuvvet;

$$F = 2(2\pi r_{ort})\gamma \quad (2.12)$$

eşitliği ile verilir.

2.2.6. Damla Ağırlığı veya Damla Sayımı Yöntemi

Bu yöntemde yüzey gerilimini belirlemek için aşağıdaki şekilde gösterilen Traube Stalagmometresi kullanılır.



Şekil 2.5 Traube Stalagmometresi

Bu yöntemle göre, kılcal bir borudan düşen damlanın ağırlığı mg , tam düşme anında borunun çevresindeki sıvının yüzey gerilim kuvvetine eşittir.

$$2\pi r\gamma = mg \quad (2.13)$$

$$\gamma = \frac{mg}{2\pi r} \quad (2.14)$$

Sabit hacimde bir sıvının yüzey gerilimini Traube Stalagmometresi ile ölçmek için, tüpün ucundaki bir kılcal borudan sıvı serbest düşmeye bırakılır ve düşen damlalar sayılır. Aynı hacimde yüzey gerilimi bilinen bir sıvı ile deneme yapılarak bilinmeyen sıvının yüzey gerilimi Eşitlik (2.15) veya (2.16)'den hesaplanabilir.

$$\gamma_1 = \gamma_2 \frac{m_1}{m_2} \quad (2.15)$$

veya

$$\gamma_1 = \gamma_2 \frac{n_2 \rho_1}{n_1 \rho_2} \quad (2.16)$$

Buradaki n_1 ve n_2 , ρ_1 ve ρ_2 yoğunluklarına sahip sıvıların V hacmindeki Stalagmometre'den damlatılarak sayılan damla sayılarıdır.

2.3. Alet ve Maddeler

Torsiyon (burulma) dinamometresi (kuvvet ölçer), metal halka, ısıtıcılı karıştırıcı, dereceli silindir, kelepçe, su pompası, yaylı balans tutucu, ipek iplik, elektronik sıcaklık ölçer, lastik tüp, manyetik karıştırıcı, kapiler tüp, Traube Stalagmometresi, beher, distile su, etil alkol, sabunlu su.



Şekil 2.6 Deney düzeneği

2.4. Deneyin Yapılışı

1. Deney düzeneğini Şekil 2.6'daki gibi kurunuz.
2. Halkayı alkol ve saf su yardımıyla temizleyip kurutunuz ve ipek ipliği torsiyon dinamometresinin sol tarafına tutturunuz.
3. Göstergeyi sıfıra ayarlayıp halkanın ağırlığını, arkadaki ayarlama düğmesiyle manivela kolu beyaz alanda olacak şekilde eşitleyiniz.
4. Yüzey gerilimi tayin edilecek sıvıyı oda koşullarında, su banyosuna koyunuz. Ayrıca su pompası yardımıyla daldırma tüpünü ve lastik hortumu da doldurunuz. Halka tamamen sıvının içinde olmalıdır.
5. Daldırma tüpüne bağlı olan musluğu açıp lastik hortum yardımıyla su banyosundaki sıvıyı yavaşça başka bir su banyosuna boşaltınız. Bir yandan devamlı olarak dinamometreyi ayarlayarak manivela kolunu beyaz alanda iki değer arasında tutmaya çalışınız.
6. Halka sıvı yüzeyinden koptuğu anda ölçümü durdurup dinamometre üzerindeki son değeri okuyunuz.
7. Yüzey geriliminin sıcaklıkla değişiminin incelenmesi için ise aynı denemeleri, saf su için su banyosunun sıcaklığını, 30°C, 45°C, 60°C, 75°C'ye çıkartarak gerçekleştiriniz.

8. İlk 6 maddede anlatılan yüzey gerilim ölçüm koşullarını, sırası ile etil alkol ve sabunlu su için oda koşullarında gerçekleştiriniz.
9. Kapiler yükselmesi yönteminin uygulanmasında ise; su, etil alkol ve sabunlu su gibi yoğunluğu (ρ) bilinen sıvılardan her birini oda koşullarında bir beher içine koyunuz ve yarıçapı (r) bilinen kapiler tüpü sıvının içine batırınız (Şekil 2.3).
10. Beher içindeki sıvı, kapiler tüpte bir miktar yükselecektir. Beherdeki sıvı yüzeyinden itibaren kapilerdeki yükseklik h (cm)'ı bir cetvel yardımıyla ölçünüz.
11. Her bir sıvının yüzey gerilimini, ρ , r ve elde ettiğiniz h değerleri ve Eşitlik 2.11'i kullanarak kapiler yükselmesi yöntemine göre bulunuz.
12. Yüzey gerilimi γ_1 ve yoğunluğu ρ_1 bilinen sıvı olarak distile su kullanılır. Puar yardımıyla Traube stalagmometresinin "a" çizgisinin üst tarafına kadar çekiniz.
13. Puar yardımıyla stalagmometredeki sıvıyı damla damla akıtınız ve "a" çizgisinden başlayarak damlaları sayınız. Damla sayma işlemine "b" çizgisine gelindiğinde son veriniz, "a" ve "b" çizgileri arasındaki damla sayısı n_1 'i bulunuz.
14. Traube stalagmometresine ikinci olarak yüzey gerilimi γ_2 tayin edilecek, yoğunluğu ρ_2 olan sıvı çekilir ve bir önceki aşamada olduğu gibi hareket edilerek numunenin damla sayısı n_2 bulunur.
15. Diğer sıvı numuneleri için de denemeyi tekrar ederek damla sayısını bulunuz.

2.5. Hesaplamalar ve Sonuçlar

1. Deneyde kullanılan halkanın çapı $2.r = 19,65 \text{ mm}$ 'dir.
2. 25°C 'de literatür değerleri; $\gamma_{\text{su}} = 72,8 \text{ din.cm}^{-1}$, $\gamma_{\text{etanol}} = 21,97 \text{ din.cm}^{-1}$ 'dir.
3. Tüm ölçümler için elde ettiğiniz verileri aşağıdaki tabloya yazınız.
4. Yüzey geriliminin sıcaklıkla değişimini göstermek için, apsisi sıcaklık (K) ve ordinatı yüzey gerilimi (γ) olan grafiği çizin.
5. Eşitlik 2.16'yı kullanarak, numunelerin yüzey gerilimlerini hesaplayınız.

Tablo 2.1 Yüzey Gerilim Değerleri

Sıvı/Çözelti	Yüzey Gerilim (Du Noüy) (mN/m)	Yüzey Gerilim (Kapiler Yükselmesi) (din/cm)	Sıcaklık (°C)
Su			30
Etil Alkol			45
Sabunlu Su			60
			75

3. DENEY

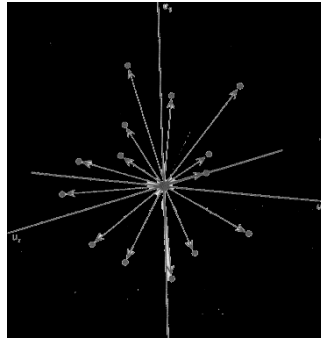
MAXWELL-BOLTZMAN HIZ DAĞILIMI

3.1. Amaç

Gazların Kinetik Teorisi'nin uygulanması, gazların hız dağılım eğrisinin deneysel olarak çizilmesi ve teorik Maxwell-Boltzman hız dağılım eğrisi ile karşılaştırılması.

3.2. Teori

Bir gazın çok küçük miktarında bile pek çok molekül bulunur. Bu kadar çok tanecik sürekli birbiri ile çarpışır ve birbirlerine enerji aktarırlar. Enerji aktarımı sonucu moleküller değişik hızlara sahip olurlar. Gazların Kinetik Teorisi'ne göre, başlangıçta bütün moleküllerin hızları birbirine eşit olsa bile, bir süre sonra değişik hızlar ortaya çıkacaktır. Böyle bir hız dağılımının olduğu ortamda, moleküllerin çoğunun hızı bir ortalama hıza çok yakın olacak ve çok az molekülün hızı bu ortalama hızın çok üstünde veya çok altında olacaktır. Çeşitli hız ve enerjilere sahip moleküllerin sayısına ilişkin temel eşitlik Maxwell-Boltzman Dağılımı ile verilir. Gazların Kinetik Teorisi'ni temel alan modele göre, gaz molekülleri çeşitli hızlarla ve çeşitli yönlerle doğru hareket ederler (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Gaz moleküllerinin üç boyutlu ortamda dağılımı

Şekil 1'deki her bir noktanın orijinden uzaklığı moleküler hızın büyüklüğü ile orantılıdır ve tüm yönlerle doğru moleküler hızların dağılımı aynı olduğundan izotropik (her yönde eşit, doğrultudan bağımsız, eşyönlü) bir davranış gösterir.

İdeal bir gaz molekülü aşağıdaki kinetik enerji değerine sahiptir:

$$\overline{E_k} = \frac{m\overline{c^2}}{2} \quad (3.1)$$

burada $\overline{E_k}$ ortalama kinetik enerji, m molekülün kütlesi ve $\overline{c}$ molekülünün ortalama hızıdır.

Kinetik teori esas alınarak bir ideal gazın basıncı:

$$P = \frac{1}{3}\rho\overline{c^2} \quad (3.2)$$

olarak tanımlanır. Denklem (3.1) ve (3.2) birleştirilerek, 1 mol ideal gaz için aşağıdaki eşitlik elde edilir:

$$P\overline{V} = RT \quad (3.3)$$

Eşitlik (3.2), eşitlik (3.3)'te yerine konularak gaz molekülünün ortalama hızı $\overline{c}$ aşağıdaki eşitliklerle bulunur:

$$\overline{c} = \left(\frac{8RT}{\pi M}\right)^{1/2} \quad (3.4)$$

veya

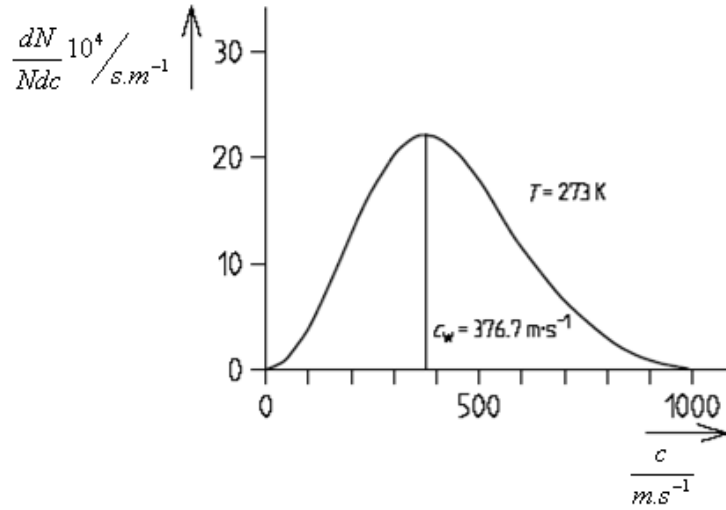
$$\overline{c} = \left(\frac{8kT}{\pi M}\right)^{1/2} \quad (3.5)$$

Bu eşitlikte k Boltzmann sabiti, R ideal gaz sabiti, T mutlak sıcaklık, M molekül ağırlığı, m ise bir molekülün kütlesidir. Yukarıdaki eşitlikler, ideal bir gazın ortalama kinetik enerjisinin mutlak sıcaklıkla doğru orantılı olduğunu göstermektedir.

Bir gaz molekülünün hızını kesin olarak belirlemek mümkün değildir. Çünkü sürekli olarak diğer moleküllerle çarpışmasından dolayı hızı değişmektedir. Ancak, istatistiksel metotlar yardımıyla molekül hız fonksiyonunun dağılımı elde edilebilir. Bu Maxwell ve Boltzmann tarafından aşağıdaki eşitlikle açıklanmıştır:

$$\frac{dN}{N} = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \left(\frac{m}{kT}\right)^{3/2} c^2 e^{-\left(\frac{mc^2}{2kT}\right)} dc \quad (3.6)$$

Bu eşitlik (c, c+dc) aralığında bir molekülün hız olasılığını tanımlar. Örneğin, 273 K sıcaklıkta oksijen için dağılım fonksiyonu Şekil 3.2'de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.2 Oksijen molekülünün 273 K’ deki Maxwell-Boltzmann hız dağılımı eğrisi

Eğrinin maksimum noktasına karşı gelen hız c_w değeri, en yüksek olasılıklı hız olarak tanımlanır ve aşağıdaki eşitlikle gösterilir;

$$c_w = \left(\frac{2kT}{m} \right)^{1/2} \quad (3.7)$$

Eşitlik (3.7), eşitlik (3.6)’da yerine konulduğunda;

$$\frac{dN}{N} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{1}{c_w^2} \right)^{3/2} c^2 e^{-\left(\frac{c^2}{c_w^2} \right)} dc \quad (3.8)$$

elde edilir. Bu eşitliğe göre;

$$c_w : \bar{c} : \sqrt{\bar{c}^2} = \sqrt{2} : \sqrt{\frac{8}{\pi}} : \sqrt{3} = 1 : 1,13 : 1,22 \quad (3.9)$$

olduğu yazılabilir.

Cam toplar ile yapılacak olan model deneyde, topların hızı, fırlatma mesafesi olan s ile orantılıdır.

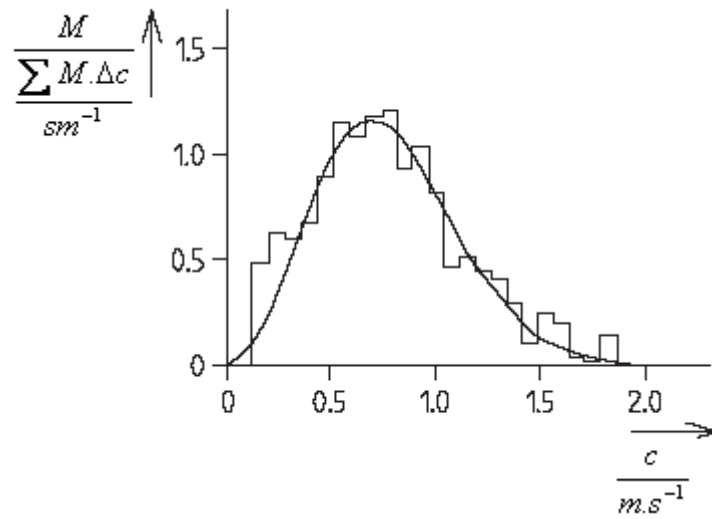
$$c = s \cdot \left(\frac{g}{2h} \right)^{1/2} = K \cdot s \quad (3.10)$$

Bu eşitlikte g yerçekimi ivmesi, h ise cam topun fırladığı uzaklıktır.

Elde edilecek deneysel sonuçlar aşağıdaki eşitliğe göre grafiksel olarak gösterilebilir.

$$\frac{1}{\sum N_i} \frac{N_i}{\Delta c} = f(c) \quad (3.11)$$

Bu eşitlikte, N_i , hız farkı Δc olan top sayısını göstermektedir. Δc , 1 m/s olarak alınırsa $f(c)$, $c=500$ m/s için hızları 500 m/s ile 501 m/s arasında olan moleküllerin toplam molekül sayısına oranını; veya $c=1000$ m/s için hızları 1000 m/s ile 1001 m/s arasında olan moleküllerin kesrini gösterir.



Şekil 3.3 Maxwell ve Boltzmann teorik ve deneysel hız dağılımı grafiği.

Şekil 3.3 teorik ve deneysel Maxwell-Boltzmann hız dağılım eğrisini göstermektedir. 1500 K’deki eğride hızları 1500 m/s ile 1501 m/s arasında olan moleküllerin kesri 5.10^{-6} olur. Yani bu hız aralığındaki moleküllerin kesri küçük bir kesirdir ve 273 K de ise bu kesir 0’a yakındır. Yani 273 K’de bu hızla hareket eden hiçbir molekül yoktur veya bunların sayısı çok azdır. Sıcaklık düşükse eğri sivri ve dik olmakla birlikte küçük bir hız bölgesinde kalır. Yüksek sıcaklıklarda eğri yayvanlaşır ve daha büyük hız bölgesinde bulunur. Yüksek sıcaklıklarda daha çok molekül daha büyük hızlara ve dolayısı ile daha büyük enerjiye sahiptir.

3.3. Alet ve Maddeler

Gazların Kinetik Teorisi deney düzeneği Şekil 3.4’te görülmektedir. Kullanılacak olan aletler spatül, 4 adet beher, cam toplar ve kronometredir.

3.4. Deneyin Yapılışı

- 1- Taneciklerin hızını bulabilmek için ilk olarak 1 dakika içerisinde düzenekten dışarı itilen ortalama top sayısının bulunması gerekmektedir.



Şekil 3.4 Gazların Kinetik Teorisi Deney düzeneği

- 2- Bunun için önce deney düzeneğini 400 cam top ile doldurunuz. 400 tane cam topu saymak yerine 1 cam topun ortalama ağırlığını tartarak bulunuz. Bundan yararlanarak 400 cam topun ağırlığını hesaplayarak tartım yapınız (Örneğin; 1 cam topun ağırlığı 0,1 g ise 400 cam topun ortalama ağırlığı 40 g' dır. O halde tarttığınız 40 g cam top içerisinde 400 adet cam top bulunduğunu düşünebiliriz.).
- 3- Deney düzeneğini, üst piston yüksekliği 6 cm ve osiloskop frekansı 50 s^{-1} olacak şekilde ayarlayınız.
- 4- Çıkışı 1 dakika için açınız ve dışarı itilen top sayısını ortalama ağırlığından yararlanarak bulunuz. Aynı işlemleri ikinci kez tekrarlayınız ve 1 dakika içerisinde düzenekten dışarı itilen ortalama top sayısını belirleyiniz.
- 5- 4 ayrı behere düzenekten dışarı itilen ortalama top sayısı kadar cam top koyunuz.
- 6- Deney düzeneğini 400 cam top ile doldurarak, üst piston yüksekliği 6 cm ve osiloskop frekansı 50 s^{-1} , ilk çıkış ve alıcı arasındaki yüksekliği 8 cm'ye ayarlayınız.

- 7- Frekans sabitlendiğinde çıkışı açıp 5 dakika boyunca açık bırakınız. Her bir dakikanın sonunda, beher içerisindeki toplarla sabit tanecik sayısını korumak için deney düzeneğini doldurunuz.
- 8- 5 dakikanın sonunda çıkışı kapatınız.
- 9- Alıcı düzeneğin 24 bölümünün her birindeki cam top sayısını belirleyiniz.

3.5. Hesaplamalar

Tablo 3.1 Topların sayısı ve hızları

	Top Sayısı	$f(c)(s/m)$	$c(m/s)$		Top Sayısı	$f(c)(s/m)$	$c(m/s)$
1				13			
2				14			
3				15			
4				16			
5				17			
6				18			
7				19			
8				20			
9				21			
10				22			
11				23			
12				24			

1. $f(c)$ 'yi c ye karşı çiziniz.
2. Model gazın elde ettiğiniz hız dağılımı, Maxwell-Boltzmann eşitliği ile örtüşüyor mu? Karşılaştırınız.

4. DENEY

SIVILARIN MOLAR BUHARLAŞMA ISILARININ TAYİNİ

4.1. Amaç

Bir sıvının buharlaşma ısısını tayin etmek ve Trouton kuralını uygulamaktır.

4.2. Teori

Bir sıvının buharlaşması, ısı absorpsiyonu ile meydana gelir. Buharlaşma ısısını belirlemek için buharlaşma ısısı bulunacak sıvının bilinen kütlesi hava akımında bir özel buharlaşma haznesinde buharlaştırılır. Buharlaşma ısısı ile ilgili absorplanmış ısıнын miktarı kalorimetrik olarak belirlenebilir.

Sıvılar sabit sıcaklıkta ısıtıldığı zaman sıvı, sıvı fazdan buhar fazına geçecek sıcaklığa ulaşır. Buharlaşma noktasının sıcaklığı sıvı faz tamamen buharlaşmaya kadar sabit kalır. Eğer 1 mol sıvı buharlaştırılırsa sıvının molar entalpisi H , absorplanan ısı miktarı Q_v nin etkisiyle artar. Entalpilerdeki bu fark ΔH_v , buharlaşma entalpisidir. Normal kaynama sıcaklığındaki sıvı maddeyi buhar haline geçirmek, başka bir ifadeyle sıvı molekülleri arasındaki bağları kırmak için gerekli ısı enerjisi miktarına buharlaşma ısısı denir. Sıvı maddenin miktarı bir birim kütle (1 gram) ise spesifik buharlaşma ısısı, 1 mol ise molar buharlaşma ısısı ($\Delta H_v, J.mol^{-1}$) denir.

Bir sıvının molar buharlaşma ısısının ($\Delta H_v, J.mol^{-1}$), normal kaynama sıcaklığına (T_v, K) oranlanmasıyla bulunan buharlaşma entropisi sıvıların büyük bir çoğunluğu için 80-90 $J.mol^{-1}.K^{-1}$ civarındadır. Bu kurala Trouton kuralı denir. Sadece içinde H- bağı olan (su, alkol, amin gibi maddeler) ve kaynama noktası 150 K'den daha düşük olan sıvılar bu kurala uymazlar. Sonuç olarak buharlaşmaya eşlik eden entropi ΔS_v , artışı termodinamiğin 2. kanunu uygulanarak aşağıdaki gibi formüle edilebilir. Trouton Kuralı için buharlaşma entropisi;

$$\Delta S_v = \left(\frac{\Delta H_v}{T_v} \right) \cong 80 - 90 J.mol^{-1}K^{-1} \quad (4.1)$$

eşitliği ile hesaplanabilir. T_b , kaynama noktasının sıcaklığıdır.



Şekil 4.1 Deney düzeneği

4.3. Alet ve Maddeler

Deneyde kullanılacak düzenek yukarıdaki şekilde gösterilmektedir. Denemede numune olarak aseton ve metanol kullanılacaktır.

4.4. Deneyin Yapılışı

1. Kalorimetre kabına 900 g saf su koyunuz. Kabın içerisine balık, sıcaklık probu ve elektrik problemlerini yerleştiriniz.
2. Spiralli buharlaştırma kabını boş olarak tartınız. (m_1)
3. Spiralli buharlaştırma kabının içine 15 mL aseton koyunuz ve kabı yeniden tartınız. (m_2)
4. Spiralli buharlaştırma kabını kalorimetre kabına yerleştiriniz. Açık hava kontrol vanası ve vakuma giden bağlantı güvenlik şişesine takılarak, sisteme bağlanır.
5. Sıcaklık ölçeri açınız, yaklaşık 5 dakika termik dengeye ulaşıncaya kadar bekleyiniz. Termik dengenin oluştuğu sıcaklığı kaydediniz. ($T_1 = \dots^\circ\text{C}$)
6. Açık hava kontrol vanasını ve vakumu açınız. Sistemin sıcaklığı sabit kalıncaya kadar yani yaklaşık 1°C düşünceye kadar bekleyiniz. Bu sırada, buharlaştırma kabının spiralinden sıvının taşmaması için ara ara açık hava kontrol vanasını açıp kapatarak dengeyi sağlayınız. Sabit sıcaklığı kaydediniz. ($T_2 = \dots^\circ\text{C}$)
7. Sistemden vakumu uzaklaştırınız ve açık hava kontrol vanasını sıkıca kapatınız.
8. Kalorimetrenin toplam ısı kapasitesini belirlemek için elektriksel kalibrasyon yapınız. İş-güç metrenin (constanter) probunu, elektriksel ısıtma için 8V AC ye takınız. Sistemi sürekli ısıtarak, sıcaklık değişimlerinde uygulanan enerji miktarlarını kaydediniz (Ws). Sistemin sıcaklığı yaklaşık 1°C yükseldiğinde ve iş-güç metre yaklaşık olarak 4000 Ws

gösterdiği zaman iş-güç metrenin probunu çekiniz ve enerji ölçerin stop tuşuna basınız. Uygulanan elektrik enerjisinin miktarını ($W_{el} = W_s$) ve sistemin son sıcaklığını okuyunuz ($T_3 = \dots^\circ\text{C}$).

9. Deney bitince spiralli buharlaştırma kabını kurulumdan kaldırınız ve tartınız. (m_3)

10. Aynı işlemleri metanol için de tekrarlayınız.

4.5. Hesaplamalar ve Sonuçlar

1. Spiralli buharlaştırma kabının boş tartımı (m_1) ve sıvı ile birlikte tartımı (m_2) değerleri arasındaki farkı alarak, spiralli buharlaştırma kabına konulan sıvı miktarını (m_4) hesaplayınız.

$$m_4 = m_2 - m_1 \quad (4.2)$$

2. Denemeden sonra buharlaştırma kabında kalan sıvı miktarını (m_5) hesaplayınız.

$$m_5 = m_3 - m_1 \quad (4.3)$$

3. Buharlaşan sıvının kütlesini (m_{buhar}) hesaplayınız.

$$m_{buhar} = m_4 - m_5 \quad (4.4)$$

4. Kaynama noktasındaki m gram buharın yoğunlaşması sırasında meydana gelen entalpi değişimini (ΔH_v) hesaplayınız. Bu değer kalorimetre kabının ısı kapasitesi, C_k ile orantılıdır.

$$\Delta H_v = -C_k \Delta T_v \quad (4.5)$$

Bu eşitlikte ΔT_v m gram buharın buharlaşması sırasındaki sıcaklık farkıdır;

$$\Delta T_v = T_2 - T_1 \quad (4.6)$$

5. Sistemde m gram buharın buharlaşması, sistemin sıcaklığının 1°C düşmesine neden olur. Sistemin sıcaklığının 1°C düşmesi sırasında kaybedilen enerji, sistemin sıcaklığının 1°C artırılması için sisteme verilen elektrik enerjisine ($W_{elektrik}$) eşittir ve sistemin ısı kapasitesiyle orantılıdır;

$$W_{elektrik} = C_k \Delta T_{elektrik} \quad (4.7)$$

Bu eşitlikte $\Delta T_{elektrik}$ sistemde meydana gelen sıcaklık farkıdır.

$$\Delta T_{elektrik} = T_3 - T_2 \quad (4.8)$$

Eşitlik (4.5)'te gerekli düzenlemeler yapılarak molar buharlaşma ısısı;

$$\Delta H_v = -W_{elektrik} \frac{\Delta T_v}{\Delta T_{elektrik}} \frac{M}{m} \quad (4.9)$$

şeklinde yazılabilir. Bu eşitliği kullanarak molar buharlaşma ısısını (ΔH_v , J.mol⁻¹) hesaplayınız.

6. Hesapladığınız ΔH_v (J.mol⁻¹) değerini Eşitlik (4.1)'de yerine koyarak, sıvı maddenin buharlaşma entropisi ΔS_v (J.mol⁻¹.K⁻¹) değerini hesaplayınız.

7. Elde ettiğiniz ΔS_v değerini Trouton kuralı ile karşılaştırarak bu kuralın aseton ve metanol için geçerli olup olmadığını ve bu sıvıların moleküler özelliklerinden yararlanarak ΔS_v değerinin doğru olup olmadığını, nedenleri ile birlikte açıklayınız.

M_{metanol} : 32,04 g.mol⁻¹

$\Delta H_{V,\text{aseton}}$: 29,1 kJ.mol⁻¹

$T_{b,\text{methanol}}$ = 64,7°C

M_{aseton} : 58,09 g.mol⁻¹

$\Delta S_{V,\text{metanol}}$: 100,0 J.mol⁻¹.K⁻¹

$T_{b,\text{aseton}}$ = 56,5°C

$\Delta H_{V,\text{metanol}}$: 33,8 kJ.mol⁻¹

$\Delta S_{V,\text{aseton}}$: 88,3 J.mol⁻¹.K⁻¹

5. DENEY

METALLERİN GENLEŞME KATSAYISININ DİLATOMETRİK YÖNTEM İLE BELİRLENMESİ

5.1. Amaç

Farklı katı maddeler, pirinç, çelik, bakır, alüminyum ve camın doğrusal genleşme katsayısını ve suyun hacimca genleşme katsayısını bulmaktır.

5.2. Teori

Katıların doğrusal genleşmesi ve suyun hacimca genleşmesi, sıcaklığın bir fonksiyonudur. Katı cismin sıcaklığı arttıkça, atomların örgü yapısı içindeki titreşim yoğunluğu artar. Böylece atomlar arasındaki uzaklık artar. Hacmin sabit basınçta sıcaklıkla artışı;

$$\alpha = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \quad (5.1)$$

eşitliği ile gösterilir. γ termik genleşme katsayısını göstermektedir. Tek bir boyut için düşünüldüğünde ise; termik uzama katsayısı;

$$\gamma = \frac{1}{l} \left(\frac{\partial l}{\partial T} \right)_P \quad (5.2)$$

elde edilir. Bu eşitlikte l cismin toplam uzunluğunu ifade etmektedir.

Suyun 0 ile 4°C derecedeki davranışı dışında, moleküllerin termal hareketleri ve buna bağlı olarak hacimleri sıcaklıkla artar. Hacim ve uzunluk artışları ölçülerek;

$$\alpha = \frac{\Delta V}{V_o \Delta T} \quad (5.3)$$

$$\gamma = \frac{\Delta l}{l_o \Delta T} \quad (5.4)$$

Eşitlikleri ile termik genleşme ve uzama katsayıları hesaplanabilir. Bu eşitliklerde;

V_o : Sıcaklık değişiminden önceki başlangıç hacmi

l_o : Başlangıç uzunluğudur.

5.3. Alet ve Maddeler

Dilatometre, pirinç, demir, cam, bakır, alüminyum çubuklar, termostat, sabit sıcaklık banyosu, düz tabanlı balon.



Şekil 5.1 Deney düzeneği

5.4. Deneyin Yapılışı

5.4.1. Termik Uzamanın Ölçülmesi

1. Dilatometreye termik uzama katsayısı ölçülecek demir çubuğu yerleştiriniz.
2. Çubuğu lastik hortumla sirkülasyonlu su banyosuna bağlayınız. Hortumu dilatometreden mümkün olduğunca uzak tutunuz.
3. Başlangıç sıcaklığı yaklaşık olarak 20°C 'a ulaştığında göstergeyi sıfıra ayarlayınız ve sonra $10\text{--}15^{\circ}\text{C}$ 'lık 4 aşamada sıcaklığı arttırınız.
4. Uzunlukta meydana gelen değişimleri ve sıcaklıkları not ediniz.
5. Aynı ölçümleri diğer maddeler (pirinç, cam, bakır, alüminyum) için de yapınız.

5.4.2. Hacimce Genleşmenin Ölçülmesi

1. Piknometreyi kalibre etmek amacıyla, piknometreyi ve derecelendirilmiş tüpün boşken birlikte kütlelerini bulunuz.
2. Piknometreyi suyla doldurunuz ve derecelendirilmiş tüpü yerine takınız.
3. Şırınga yardımıyla derecelendirilmiş tüpü 100 çizgisine kadar doldurunuz.
4. Piknometreyi sabit sıcaklık banyosunda 80°C 'e kadar ısıtınız. 25°C 'a kadar soğumasını ve termik dengeye ulaşmasını sağlayınız. Bu arada gaz kabarcıkları varsa uzaklaştırmaya özen gösteriniz.
5. Derecelenmiş tüpteki sıvı seviyesini okuyunuz ve piknometreyi dikkatlice tartınız.
6. Şırınga yardımıyla 1 mL suyu derecelenmiş tüpe ilave ediniz ve termik dengeye gelinmesi için bekleyiniz. Sıvı hacmini okuyunuz ve tekrar tartınız.
7. 5 ayrı sıvı hacmi için ayrı ayrı yukarıdaki işlemi tekrarlayınız.



Şekil 5.2 Deney düzeneği

5.5. Hesaplamalar ve Sonuçlar

1. Metal çubukların uzunluklarındaki değişimi mutlak sıcaklığa (K) karşı grafiğe geçiriniz.
 2. Eşitlik (5.4) yardımı ile elde edilen doğruların eğimlerinden her madde için termik uzama katsayısını hesaplayınız (γ) ve Tablo 5.1'e kaydediniz.
 3. Piknometrenin boş ağırlığını kullanarak, suyun ağırlığını hesaplayınız.
 4. Su için madde 7'de elde ettiğiniz hacim değerlerini ve suyun yoğunluğunu (25°C 'de $0,997\text{g/cm}^3$) kullanarak bir birim hacimleri hesaplayınız.
 5. Suyun hacmindeki değişimleri, mutlak sıcaklığa karşı grafiğe geçiriniz. Eşitlik (5.3) yardımı ile elde ettiğiniz doğrunun eğiminden su için termik genleşme katsayısını hesaplayınız (α).
- (Genleşme katsayılarının sıcaklığa bağlı olduğu her örnek için bu grafikler düzgün bir doğruyu vermez. Böyle durumlarda, genleşme katsayısı sadece belirli sıcaklık aralıkları için hesaplanır.)*
6. Tablo 5.1'deki referans değerlere göre deneydeki yüzde hata hesabını yapınız, yaptığınız deneyi yorumlayınız..

Tablo 5.1 Termik Uzama Katsayıları

	Referans	Deneysel
Pirinç	$1,8 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$	
Bakır	$1,5 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$	
Alüminyum	$2,3 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$	
Demir	$1,2 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$	
Cam	$3,6 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$	
Su	$2,75 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1} *$	

(*) $20-30^{\circ}\text{C}$ için hesaplanan değer

6. DENEY

VİSKOZİTE

6.1. Amaç

Sıvıların viskozitelerini tayin etmek ve viskozitenin sıcaklıkla değişimini incelemektir.

6.2. Teori

Viskozite, bir cismin akışını yavaşlatan genel bir özellik olup moleküllerin hareketleri sırasında uğradıkları dirençten ileri gelir. Gazların kinetik teorisi viskoziteyi, bir hareketli düzlemden ötekine moment transferi olarak tanımlar. Gazların viskozitesi çok az, katılarınki çok fazla, sıvılarınki ise sıvının cinsine ve sıcaklığa bağlı olarak geniş sınırlar arasında değişir. Viskozite bir sıvının akmaya karşı gösterdiği iç dirençtir. Sıvının dar bir tüp içinde akış hızı her şeyden önce akmaya engel olan kuvvetlere bağlıdır. Fakat sıvının bütün kısımları tüp içinde aynı hızla hareket etmezler.

Tüpün çeperlerine yakın olan tabakalar, sıvının iç kısmındaki tabakalardan daha yavaş hareket ederler. Bu nedenle tüp içindeki sıvının tümünü, iç içe geçmiş merkezleri aynı bir seri tüp olarak düşünebiliriz. Buna göre, yüzey alanı S olan bir sıvı tabakası, l uzaklığında bulunan ve aynı yüzey alanına sahip bir tabakaya göre v hızı ile hareket ediyorsa, harekette bulunan bu tabaka diğer tabakaya v (cm.s^{-1}) ve S (cm^2) ile doğru, iki düzlem arasındaki uzaklık l (cm) ile ters orantılı olan f (din) sürtünme kuvveti oluşturur;

$$f = \eta \cdot \left(v \cdot \frac{S}{l} \right) \quad (6.1)$$

Burada η akışkanın cinsine ve sıcaklığa bağlı bir katsayı olup *viskozite katsayısı* denir. Birimi *poise* (din.s.cm^{-2})'dır. Viskozitenin tersine *akışkanlık* (Φ) denir.

$$\Phi = \frac{1}{\eta} \quad (6.2)$$

Bir sıvının viskozite katsayısı sıvının kapiler borudan akışından yararlanılarak tayin edilir.

Poiseuille, düzgün bir akış için akış hızının, yani bir saniyede akan sıvı miktarının, tüpe giriş ve çıkış esnasındaki basınç farkı (P) ve tüpün yarıçapının dördüncü kuvveti (r^4) ile doğru,

akan sıvının viskozite katsayısı ile ters orantılı olduğunu göstermiştir. t zamanında akan sıvının hacmi V ise;

$$\frac{V}{t} = \frac{(\pi r^4 P)}{8\eta l} \quad (6.3)$$

ile gösterilir. Bu eşitlikte;

l: Kapiler borunun boyu (cm)

r: Kapiler borunun yarıçapı (cm)

P: Sıvının tüpe giriş ve çıkışı arasındaki basınç farkıdır.

Eşitlik (6.3)'ün düzenlenmesiyle;

$$\eta = \frac{\pi r^4 P t}{8 V l} \quad (6.4)$$

olduğu bulunur. Bu bağıntıda yer alan miktarları ayrı ayrı ölçmek suretiyle yapılan ölçüye *mutlak ölçü* denir. Fakat tüpün *r* yarıçapını tayin etmek güç olduğundan *bağıl tayin* yöntemine başvurulur. Bu yöntemin esası, örnek bir sıvı ve viskozite katsayısı tayin edilmek istenen sıvıyla deneme yapmaktır. Elde edilen iki eşitlik taraf tarafa birbirine bölünerek;

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{P_1 t_1}{P_2 T_2} \quad (6.5)$$

elde edilir. P_1 ve P_2 basınçları d_1 ve d_2 yoğunlukları ile orantılıdır ve bu durumda viskozite katsayıları arasındaki oran;

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{P_1 t_1}{P_2 T_2} = \frac{d_1 t_1}{d_2 t_2} \quad (6.6)$$

şeklinde yazılabilir. Viskozimetre sabiti *k* ise;

$$k = \frac{\eta_2}{d_2 t_2} \quad (6.7)$$

şeklinde tanımlanır. *k*, sıvının cinsine değil sadece sıcaklığa bağlı olan bir değerdir ve *k* cinsinden viskozite katsayısı;

$$\eta = k d t \quad (6.8)$$

eşitliği ile bulunur.

Aynı sınıfa ait bileşiklerde viskozite, mol tartısı ile artar. Örneğin düz zincirli hidrokarbonlarda zincir uzadıkça viskozite artar. Hidroksil grubu içeren bileşiklerde hidrojen bağı viskoziteyi arttırır. Gliserinin viskozitesinin fazlalığı molekülünün üç hidroksil grubu içermesindendir. Sıcaklık arttığında gazların viskozitesi arttığı halde sıvılarınki azalır.

Bir sıvının viskozite katsayısının sıcaklıkla değişimini veren bağıntı,

$$\eta = A \cdot e^{E/RT} \quad (6.9)$$

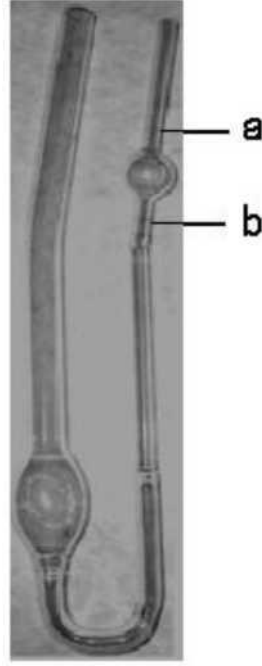
veya,

$$\ln \eta = \ln A + \frac{E}{RT} \quad (6.10)$$

şeklinde ifade edilir. Bu eşitlikte; A, sabit; E, akma enerjisini göstermektedir. E, sıvının türüne göre değişiklik gösterir. Eşitlik (6.10)'un kullanımı ile $\ln \eta$ 'nin $1/T$ 'ye karşı grafiği çizilecek olursa bir doğru elde edilir. Doğrunun eğimi E/R ' den çalışılan sıcaklık aralığı için geçerli olan akma enerjisi kolaylıkla bulunabilir.

6.3. Alet ve Maddeler

Denemede viskozimetre olarak şekilde görülen Ostwald viskozimetresi kullanılacaktır (Şekil 6.1). Genel olarak, viskozimetreler belirli hacimde bir sıvının kapiler bir borudaki akma süresini ölçmek için kullanılan aletlerdir. Ostwald viskozimetresinde belli hacimde çözelti soldaki boruya konur. Sağda kılcal boru vardır. a ve b çizgileri arasında, sıvının akma zamanı saniye olarak ölçülür. Viskozimetre deney süresince sabit sıcaklık banyosuna yerleştirilir ve sıcaklık termometre ile sürekli olarak ± 1 °C hassasiyetle ölçülür. Bu denemede viskozitesi ölçülecek maddeler saf su ve %50'lik gliserin çözeltisidir.



Şekil 6.1 Oswald viskozimetresi

6.4. Deneyin Yapılışı

1. Viskozimetreyi belirli miktarda saf su ile doldurarak su banyosunu 30°C'ye kadar ısıtınız. Sıcaklık 30°C'ye geldiği zaman beki çekerek dar kola lastik boru ile vakum yaparak sıvıyı doldurunuz ve sıvının a – b arasındaki akma süresini bir kronometre ile tespit ediniz. Akma süresini daha sağlıklı olarak bulabilmek için aynı işlemi 3 kere tekrar ediniz. (Bu esnada sıcaklığın istenilen sıcaklıkta sabit kalmasına dikkat ediniz.)
2. Sıcaklığı 40°C ve 50°C'ye çıkararak saf su için yine aynı işlemi tekrarlayınız ve bu sıcaklıklardaki (t) akma sürelerini bulunuz.
3. Bundan sonra viskozimetreyi boşaltarak viskozite katsayısı hesaplanacak sıvı ile doldurunuz. Aynı işlemi, aynı sıcaklıklarda tekrarlayarak numunenin bu sıcaklıklardaki (t) akma sürelerini tespit ediniz.
4. Bir piknometre yardımıyla numunenin bu sıcaklıklardaki yoğunluklarını tayin ediniz. Bütün değerleri Tablo 6.1 ve Tablo 6.2'de yerine koyarak gösteriniz.

Tablo 6.1 Suyu ait değerler

T °C	d_{su} (g.cm ⁻³)	η_{su} (poise)	t (s)	k
30	0,99568	0,008004		
40	0,99224	0,006536		
50	0,98807	0,005492		

Tablo 6.2 Numuneye ait değerler (%50'lik gliserin)

T °C	T	1 / T	d (g.cm ⁻³)	t (s)	k	η (poise)	ln η
30	303	0,00330	1,0355				
40	313	0,00319	1,0272				
50	323	0,00309	1,0219				

6.5. Hesaplamalar ve Sonuçlar

1. Tablodaki η_{su} ve d_{su} değerleri ve deneme esnasında elde edilen t_{su} değerlerini Eşitlik 6.8'de yerine koyarak her sıcaklık için viskozimetrenin k viskozimetre sabitini hesaplayınız.
2. Viskozimetre sabitleri bulunduktan sonra aynı eşitlik yardımıyla numunenin her sıcaklıktaki η viskozite katsayılarını bulunuz.
3. Numuneye ait η değerlerinin logaritmasını alarak Eşitlik 6.10'a göre ln η 'nin 1/T'ye karşı grafiğini çiziniz. Elde ettiğiniz doğrunun eğimini kullanarak sıvının E akma enerjisini hesaplayınız.
4. Elde ettiğiniz sonuçları yorumlayınız.

7. DENEY

SIVILARIN KIRILMA İNDİSİ VE MOLEKÜLER KIRILMA

7.1. Amaç

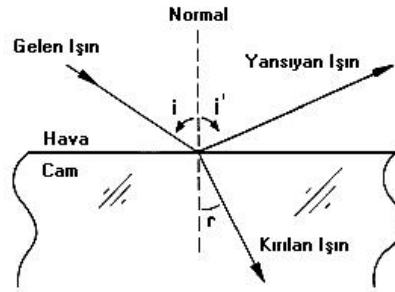
Belirli bir sıvının kırılma indisi ve yoğunluğunun ölçülmesi, bulunan değerler yardımı ile spesifik ve moleküler kırılmalarının hesabı ve çözelti konsantrasyonunun refraktometrik tayinidir.

7.2. Teori

Monokromatik ışının, şeffaf ve homojen bir ortamdan diğerine geçerken doğrultu değiştirmesine **kırılma** denir. Bunun temel sebebi; ortamların yoğunluklarının farklı olması ve buna bağlı olarak da ışığın farklı ortamlarda farklı hızlarda hareket etmesidir. (Örnek: Balığın elle yakalanamaması, gökkuşağının oluşumu, çölde görülen serap...)

Kırılma Kanunları, 1621 yılında Hollandalı astronom ve matematikçi Willebrord Snell tarafından tanımlanmıştır. Bu kanunlar:

1. Gelen ışın, kırılan ışın ve normal aynı düzlem üzerindedir (Şekil 7.1).



Şekil 7.1 Işığın kırılması

2. Işık, yoğunluğu az olan ortamdan yoğunluğu fazla olan ortama geçtiğinde normale yaklaşarak kırılır ve hızı azalır.

3. Gelme açısının sinüsü ile kırılma açısının sinüsü arasında sabit bir oran vardır ve bu oran ışığın her iki ortamdaki hızları arasındaki orana eşittir. Bu orana ikinci ortamın birinci ortama göre kırılma indisi (n) denir ve bu “Snell Kanunu” olarak bilinir (Eşitlik 7.1).

$$n = \left(\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \right) = \frac{v_1}{v_2} \quad (7.1)$$

n değerinin belirli karakteristik bir değer olabilmesi için, v_1 olarak ışığın vakumdaki hızı alınır. Bu hız ışığın dalga boyuna bağlı olmayan sabit ve maksimum bir değerdir. Bu nedenle kırılma indisi daima 1'den büyüktür.

Kırılma indisi ölçümlerinde genellikle hava referans ortam olarak alınır. Bu durumda, gerçek kırılma indisinin bulunması için ölçülen değer $v_{vakum}/v_{hava} = 1,00029$ oranı ile çarpılır.

Kırılma açısının ölçülmesi, ışığın sıvı örnek ile temastaki bir prizmaya çeşitli açılardan gönderilmesi ve prizma tarafından gözlenecek karanlık ve aydınlık bölge sınırlarının saptanması ilkesine dayanır. Işık kırılmaya uğrarken, hiçbir zaman kritik açıdan (Işımanın 90° bir açı ile kırılmasını sağlayan geliş açısına **kritik açı** denir.) daha büyük açılarla prizma içerisinde ilerleyemeyeceği için bu açılara karşı gelen bölge karanlık, kritik açıdan daha küçük açılara karşılık gelen bölge ise aydınlık olur. Karanlık ve aydınlık bölgelerin sınırı ise kritik açıdır.

Kırılma indisi tayininde kullandığımız alete **Abbe Refraktometresi** denir. Abbe refraktometresinde iki prizmanın arasına kırılma indisini tayin edeceğimiz maddeyi sıvı film olarak yerleştiririz. Prizmalara gönderdiğimiz ışık ile, kritik açıdan daha küçük açı ile gelen ışınların oluşturduğu aydınlık bölge ve kritik açıdan daha büyük açıyla gelen ışınların oluşturduğu karanlık bölgeyi görebiliriz.

Kırılma indisi, kullanılan ışığın dalga boyuna ve ortamın yoğunluğuna (yoğunluğa etki eden parametreler: sıcaklık, basınç, konsantrasyon) bağlıdır. Deney sırasında, sıcaklık ve basınca bağlı olmayan “spesifik kırılma” ve “moleküler kırılma” değerleri hesaplanır (Eşitlik 7.2 ve Eşitlik 7.3).

Lorenz ve Lorentz'e göre spesifik kırılma, R;

$$R = \left(\frac{1}{\rho}\right) \times \left[\frac{(n^2 - 1)}{(n^2 + 2)}\right] \quad (7.2)$$

ve moleküler kırılma da;

$$R = \left(\frac{M}{\rho}\right) \times \left[\frac{(n^2 - 1)}{(n^2 + 2)}\right] \quad (7.3)$$

bağıntısı ile verilmektedir. Bu eşitliklerde;

ρ = Maddenin yoğunluğu (g/cm^3)

M = Maddenin molekül ağırlığı

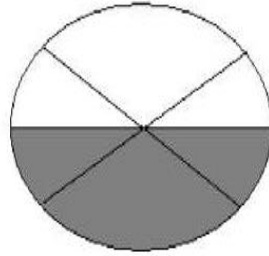
n = Kırılma indisi

dir. Kırılma indisi her maddeye özgü bir fiziksel özelliktir, bu sebeple kalitatif ve genellikle ikili çözeltilerin kantitatif analizlerinde, maddelerin saflık derecelerinin belirlenmesinde kullanabileceğimiz bir metottur.

7.3. Alet ve Maddeler

Deneyde kullanılacak alet Abbe Refraktometresidir. Aletin ana kısmı Flint camından yapılmış ve kırılma indisi 1,75 olan iki prizmadır. Bu prizmalar birbirinden ayrılarak, kırılma indisi ölçülecek olan sıvı damlacıkları iki prizma arasına konur. Prizmalar, okuma camı, taşıyan hareketli bir kol yardımı ile döndürülebilir.

Kırılmanın sınır çizgisi sabit bir teleskopla izlenir ve hareketli kol sağa sola döndürülerek kırılma alanının Şekil 7.2'deki gibi olması sağlanır. Kadran, direkt olarak kırılma indisi okunacak şekilde taksimatlandırılmıştır. Kompensatör, sıvınıninkine eşit fakat zıt yönde bir dağılım elde edilmesinde kullanılır. Bu şekilde sınır çizgisi renkli bir banttı renksiz tek bir çizgi haline getirilir. Ölçümlerin sabit sıcaklıkta yapılabilmeleri için, alet termostatlı bir su banyosuna bağlanır ve belirli ve sabit sıcaklıktaki su, prizmaların çevresinde sürekli olarak dolaşır.



Şekil 7.2 Kırılma alanı

Deneyde kullanılacak madde gliserin ve su çözeltileridir.

7.4. Deneyin Yapılışı



Şekil 7.3. Abbe Refraktometresi

1. Prizma değiştirme kolunu saat yönünde çevirerek ikinci prizmayı esas prizmadan ayırınız ve sonra el ile açınız.
2. Numuneden 1-2 damlayı esas prizma üzerine damlatınız ve tekrar iki prizmayı yavaşça birbirine yapıştırınız.
3. Işık kaynağının düğmesini açınız. Gözleme yerine bakarak görüş alanının net olup olmadığını kontrol ediniz. Skala bulanıksa netleştirmek için göz deliğinin bulunduğu parçayı sağa ya da sola çeviriniz.
4. Ölçme (ayar) düğmesini yavaşça çeviriniz. Bu düğme çevrilirken kırılma alanı aşağı yukarı, skalanın görülen kısmı da sağa sola hareket eder. Kırılma indisi, numuneninkine uyduğunda kırılma alanında ışık ve gölgeden meydana gelen bir çizgi oluşur.
5. Dağılım düğmesini ileri- geri hareket ettirerek çizgiyi keskin bir hale getiriniz. Bu sınır çizgisini Şekil 2’de olduğu gibi çizgilerin kesişme noktasına gelecek şekilde ayarlayınız ve skaladan kırılma indisini okuyunuz. Değer tam olarak 3 desimal’e kadar okunur, 4. desimal ise tahmin edilir.

Bu nedenle her numune için okumayı üç kere tekrarlayınız ve ortalamasını alınız.

6. Numune değiştirirken ve deney bitiminde prizmaları alkollü bir pamuk ile temizleyiniz.
7. Kırılma indisi ölçtüğünüz iki maddenin (gliserin ve su) piknometre yardımı ile deney sıcaklığındaki yoğunluklarını ölçünüz. Bu ölçüm için piknometreyi önce boş, sonra deney sıcaklığında su ve madde dolu olarak tartınız. Piknometre ile yoğunluk ölçümünde kullanılan formül;

$$\rho_{t^oC} = \left[\frac{w_t \cdot D}{w} \right] - \left[\frac{0,0012(w_t - w)}{w} \right] \quad (7.4)$$

eşitliği ile verilmektedir. Bu eşitlikte;

w_t = Maddenin t sıcaklığındaki ağırlığı

w = Saf suyun t sıcaklığındaki ağırlığı

D = Suyun t sıcaklığındaki yoğunluğu

t = Deney sıcaklığı

7.5. Hesaplar ve Sonuçlar

1. Kırılma indisi için okuduğunuz değerlerin ortalamasını alarak numune olarak verilen maddenin deney sıcaklığındaki kırılma indisini bulunuz.
2. Eşitlikten 7.4'ten yararlanarak numune olarak kullandığınız maddenin deney sıcaklığındaki yoğunluğunu hesaplayınız.
3. Eşitlik 7.2 ve 7.3 yardımı ile maddenin spesifik ve moleküler kırılmalarını hesaplayınız.
4. Bulduğunuz değerlerle gerçek değerleri karşılaştırarak hata oranını hesaplayınız ve sizce hataların neler olabileceğini özetleyiniz.
5. Sırası ile saf su, %25'lik, %50'lik ve %70'lik sulu gliserin çözeltilerinin ve saf gliserinin kırılma indislerini yukarıda açıklandığı şekilde ölçünüz. Kırılma indisi ordinat, konsantrasyon (c) apsis olacak şekilde bir grafik çizin.
6. Hazırladığınız grafik yardımı ile numunenizin konsantrasyonunu bulunuz.

8. DENEY

OPTİK ÇEVİRME VE POLARİMETRİK YÖNTEMLE KONSANTRASYON TAYİNİ

8.1. Amaç

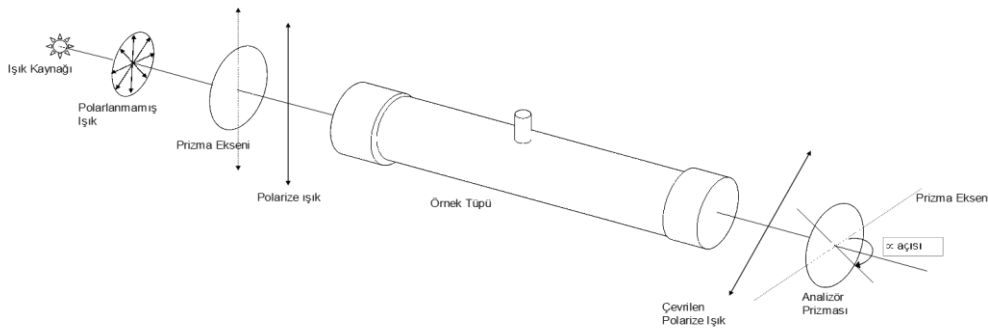
Optikçe aktif bir madde içeren değişik konsantrasyonlardaki çözeltilerin çevirme açılarının ölçülmesi, spesifik çevirme açısının hesaplanması, çevirme açısı ile konsantrasyon arasındaki bağıntının saptanması ve polarimetrik yöntemle konsantrasyon tayinidir.

8.2. Teori

Işık, yayılma doğrultusu etrafındaki bütün olası yönlenmelerde titreşim yapan çok sayıda elektromanyetik dalgadan oluşmuştur. Elektromanyetik dalga ise bir elektrik alan bir de manyetik alan bileşenlerinden meydana gelmektedir. Bu iki bileşen dalganın hareket yönüne ve birbirlerine dik olan iki düzlem üzerinde titreşirler. Normal bir ışık, düzlemde her yöne doğru yayılırken, bu ışık belli bazı maddelerden geçirilirse ışık tek düzleme toplanabilir. Bu tür bir ışığa **düzlem polarize ışık** ya da kısaca **polarize ışık** (tek yönde yayılan ışık) denir. Bu tür bir ışık kalsiyum karbonattan oluşan Nicol prizma ile elde edilebilmektedir.

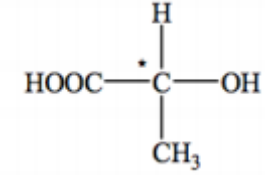
Dairesel polarize ışık ise, içinde elektriksel bileşenin (ve dolayısıyla manyetik bileşenin) doğrultusu etrafında, saat yönünde (sağ el veya dekstro-) veya saat yönünün tersi yönde (sol el veya levo-) bir spiral oluşturduğu dalgayı temsil eder.

Polarize ışık düzlemini sağa ya da sola çevirebilen maddelere **optikçe aktif maddeler** denir. Optikçe aktif madde tarafından polarize ışık düzleminin çevrilmesi aşağıdaki şekilde özetlenmiştir (Şekil 8.1).



Şekil 8.1 Optikçe aktif madde tarafından polarize ışık düzleminin çevrilmesi

Bir maddenin optikçe aktif olabilmesi için bir simetri düzlemi ya da bir simetri merkezinin olmaması ve yapısının ayna görüntüsü ile çakışmaması gerekir. Optikçe aktif maddeler, asimetric karbon atomuna sahiptirler. Merkezdeki karbon atomuna bağı dört grup birbirinden farklı ise bu karbon atomuna *asimetrik karbon atomu* ya da *kiral karbon atomu* denir (Şekil 8.2).



Şekil 8.2 Kiral karbon atomu

Polarize ışık düzlemini saat yönünde çevirenlere *sağa çeviren maddeler* (dekstro-), aksi yöne çevirenlere ise *sola çevirenler* (levo-) denir. Çevirme açısına etki eden faktörler;

- Sıcaklık
- Kullanılan ışığın dalga boyu
- Işığın içinden geçtiği yolun uzunluğu
- Maddenin yapısı
- Maddenin konsantrasyonu

dur. Belirli bir sıcaklıkta, belirli bir dalga boyu için, spesifik çevirme;

$$[\alpha]_{\lambda}^t = \frac{\alpha}{l \cdot c} \quad (8.1)$$

eşitliği ile ifade edilir. Bu eşitlikte;

α : çevirme açısı

l : polarimetre tüpünün uzunluğu (dm)

c : 1 mL çözeltideki çözünenin gram miktarıdır.

Polarimetre molekül boyutlarının tayininde, konsantrasyon miktarının (değişikliğinin) tayininde ve gıda maddelerinin kontrollerinde kullanılır.

8.3. Alet ve Maddeler

Deneyde kullanılacak maddeler %3'lük, %6'luk, %9'luk ve konsantrasyonu bilinmeyen şeker çözeltileridir. Kullanılacak alet üçlü-gölge tipi Dairesel Polarimetredir.

Polarimetre, monokromatik ışık ve aralarına optikçe aktif maddenin yerleştirildiği iki Nicol prizmasından oluşmuştur. Nicol prizması, bir CaCO_3 kristalinin bir köşegeni boyunca ikiye ayrılmasından ve ayrılan iki parçanın Canada balsamı ile birbirine yapıştırılmasından meydana gelmiştir. Polarize olmayan ışık bu prizmaya geldiğinde, titreşim düzlemleri birbirine dik olan iki polarize ışığa ayrılır. Bu ışıklardan biri CaCO_3 – Canada balsam yüzeyleri arasında tamamen yansır ve prizmanın üstünde bulunan siyah kaplama tarafından tümüyle absorbe edilir. Diğer polarize ışık ise prizmadan geçer. Polarimetredeki ikinci Nicol prizması, birinci ile 90° 'lik bir açı yapacak şekilde yerleştirildiğinde polarimetre tüpündeki madde optikçe aktif değilse, ikinci prizmadan hiçbir ışın çıkmaz. Optikçe aktif bir madde prizmalar arasına konduğunda ise ikinci Nicol prizması (analizör)'den ışık çıktığı görülür. Alanı tekrar kapatmak için analizörün döndürülmesi gereken açı çevirme açısı, α 'dır. Analizör bu işlem için sağa çevriliyorsa, optikçe aktif madde dekstro, sola çevriliyorsa levo'dur.



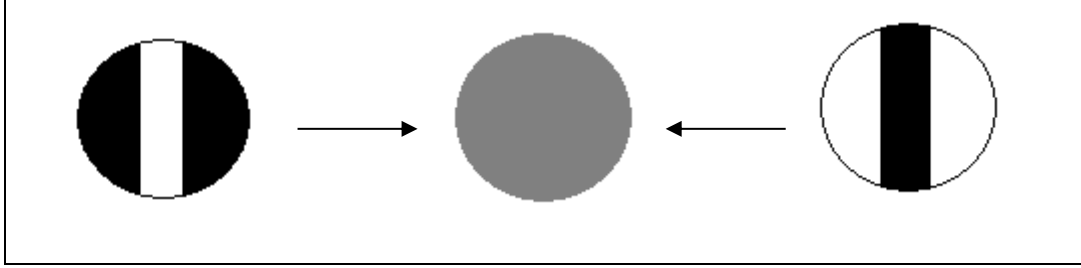
Şekil 8.3 Polarimetre cihazı

Polarimetrelerde kullanılan ışık kaynağı sodyum buhar lambaları ya da cıva buhar lambalarıdır. Sodyum lambası 589-589,6 nm dalga boyu arasında ışık yayar. Cıva lambası ise çeşitli dalga boylarında (435,8; 491,6; 546,1; 577,0; 579,1 nm) ışık yayar.

8.4. Deneyin Yapılışı

1. Cihaz içindeki polarimetre tüpü, içi suyla dolu olarak beklemektedir. Polarimetre cihazı açılır, cihazın ısınması için 5 dakika beklenir. Polarimetre tüpü içerisindeki su boşaltılır. Daha sonra tüp, okuması yapılacak olan şeker çözeltisi ile 1-2 kez çalkalanır ve tüp çözelti ile doldurulur. Tüp içinde hava kabarcıklarının kalmaması için küçük cam plaka kaydırılarak yerleştirilir. Daha sonra kapak fazla sıkılmadan vidalanır. Polarimetre tüpü cihaz içine yerleştirilir.

2. Yukarıdaki işlem %3, %6 ve %9'luk şeker çözeltileri için yapılır ve her bir çözelti için aşağıda gösterilen dairesel şekillerin geçiş noktası bulunur ve cihaz skalasından α , çevirme açıları okunur.
3. Daha sonra konsantrasyonu bilinmeyen şeker çözeltisi için α , çevirme açısı okunur. Polarimetre tüpü boşaltılır, birkaç kez yıkanır ve içine su doldurularak cihazın içine yerleştirilir. Polarimetre cihazı kapatılır.



Şekil 8.4 Polarimetre cihazında α çevirme açısını ayarlarken izlenmesi gereken yol

8.5. Hesaplamalar ve Sonuçlar

1. Her çözelti için okunan α , çevirme açıları kullanılarak, Eşitlik 8.1 yardımı ile sakkarozun spesifik çevirme açıları $[\alpha]_{\lambda}^t$ hesaplanır.
2. Spesifik çevirme açıları değerlerinin ortalaması alınır. Bulunan değer sakkarozun 20°C'deki ortalama spesifik çevirme açısı değeridir. Bulunan ortalama spesifik çevirme açısı değeri kullanılarak Eşitlik 8.1 yardımıyla konsantrasyonu bilinmeyen örneğin % konsantrasyonu hesaplanır.
3. Çevirme açısı (α) ordinat, çözelti konsantrasyonu (c, g/100 mL) apsis olacak şekilde bir grafik çizilir. Konsantrasyonu bilinmeyen örnek için, cihazdan okunan çevirme açısına karşılık gelen konsantrasyon değeri grafikten bulunur.

9. DENEY

KALORİMETRE BOMBASI İLE YANMA İSİSİNİN BULUNMASI

9.1. Amaç

Naftalinin yanma ısısının ölçülmesi ve oluşum ısısının bulunmasıdır.

9.2. Teori

Kimyasal bir reaksiyonda reaktanların yapıları değişerek ürün adı verilen yeni maddeler oluşur. Reaksiyon sırasında bazı kimyasal bağlar kırılır bazı yeni kimyasal bağlar oluşur. Bu kimyasal değişimler sistemin enerjisini değiştirir. Bazı kimyasal reaksiyonlar (ekzotermik reaksiyonlar) gerçekleşirken çevrelerine ısı enerjisi yayarlar. Bazıları (endotermik reaksiyon) ise çevrelerinden ısı enerjisi absorbe ederler. Tüm bu enerji değişimleri “reaksiyon ısısı” ile gösterilir.

Reaksiyon ısısı, aynı sıcaklık ve basınçtaki reaktanlardan aynı sıcaklık ve basınçtaki ürünlerin oluşması sırasında alınan veya verilen ısı miktarıdır. Sabit basınçta alınan/verilen ısı enerjisi sistemlerin entalpi değişimlerine (ΔH) eşit olduğundan reaksiyon ısısı reaksiyon sisteminin reaksiyondan dolayı entalpisinde meydana gelen değişimdir ve ΔH_r ile sembollendir.

Reaksiyon ısısının hesaplanması için bileşiklerin oluşum ısıları ΔH_f kullanılır. Oluşum ısısı kimyasal bir bileşiğin 1 molünün 1 atm basınç ve 25°C sıcaklıkta elementlerinden oluşum reaksiyonunun reaksiyon ısısıdır. Gerçekte, ΔH_f kimyasal bileşiğin molar entalpisidir. Dayanıklı ve saf hallerinde bütün elementlerin oluşum ısıları ise sıfır olarak kabul edilir.

Oluşum ısıları kullanılarak bir reaksiyonun reaksiyon ısısı;

$$\Delta H_r = \sum_{\text{ürünler}} n_i \Delta H_{f,i} - \sum_{\text{reaktanlar}} n_i \Delta H_{f,i} \quad (9.1)$$

eşitliği ile hesaplanır.

Kimyasal reaksiyonların, reaksiyon ısılarının deneysel olarak belirlenmesi için "kalorimetre" olarak adlandırılan düzenekler kullanılır. Kalorimetrenin temel prensibi, reaksiyon sonucu ortaya çıkan sıcaklık değişiminin ölçülmesidir. Bu sıcaklık değişiminden ve kalorimetrenin ısı kapasitesinden yararlanılarak, reaksiyonun verdiği ısı hesaplanır. Kalorimetre ile reaksiyon ısıları belirlenecek reaksiyonlar; yeterince hızlı olmalı, reaktanların tümü reaksiyona girmeli,

yan ürünler vermemeli ve ürünler birbirleriyle veya reaktantlarla tekrar reaksiyona girmemelidir.

Oluşum ısılarının kalorimetre ile ölçülebilmesi için oluşum reaksiyonunun %100 tamamlanması ve istenilen bileşiğin dışında başka hiçbir maddenin meydana gelmemesi gerekir. Bazı bileşiklerin (H, S, N içerenler gibi) oluşum ısıları deneysel olarak ölçülemez. Bu tür bileşiklerin oluşum ısılarının bulunabilmesi için “yanma ısıları” kullanılır. Yanma ısısı, kimyasal bir bileşiğin bir molünün O₂ ile yaptığı reaksiyonun reaksiyon ısısıdır.

Yanma reaksiyonları ise “kalorimetre bombası” olarak bilinen sabit hacimli bir kap içinde sabit sıcaklıkta ve 25 atm basınçtaki oksijen gazı varlığında gerçekleştirilir. Kalorimetre bombası bir su banyosu içine yerleştirilir ve yanma reaksiyonları elektrik enerjisi kullanılarak gerçekleştirilir. Reaksiyonda ısı enerjisi açığa çıktığından termik denge halinde su banyosundaki suyun sıcaklığı, başlangıçtan biraz daha yüksek olur. Kalorimetre bombasının ısı kapasitesi C_{kal} (7310 J.K⁻¹) ve sıcaklık farkı ΔT kullanılarak açığa çıkan ısı miktarı Q_{kal} ;

$$Q_{kal} = -C_{kal} \cdot \Delta T \quad (9.2)$$

eşitliği ile hesaplanabilir.

Entalpi tanımı;

$$H = E + PV \quad (9.3)$$

kullanılarak reaksiyon ısısı;

$$\Delta H_r = \Delta E + [(PV)_{ürünler} - (PV)_{reaktanlar}] \quad (9.4)$$

şeklinde yazılabilir. Reaksiyon ortamında gaz halinde maddeler olduğunda;

$$\Delta H_r = \Delta E + (P_{ürünler} - P_{reaktanlar})V \quad (9.5)$$

dir. Bu eşitlikte V kalorimetre bombasının sabit hacmidir. Gaz halindeki maddeler yüksek sıcaklıkta ideal gaz kanununa uyduklarından;

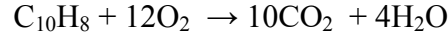
$$\Delta H_r = \Delta E + \Delta nRT \quad (9.6)$$

olur. Bu eşitlikte, Δn gaz halindeki maddelerin reaksiyondaki mol sayısı değişimidir. Reaktan ve ürünlerin hepsinin katı veya sıvı olduğu durumda ise;

$$\Delta H_r = \Delta E \quad (9.7)$$

olur.

Bu denemede gerçekleştirilecek olan naftalinin yanma reaksiyonu;



şeklindedir. Naftalinin yanma ısısı $\Delta H_{c,Naftalin}$;

$$\Delta H_{c,Naftalin} = 10(\Delta H_f)_{CO_2} + 4(\Delta H_f)_{H_2O} - (\Delta H_f)_{Naftalin} \quad (9.8)$$

dır. Bu eşitlikte tek bilinmeyen naftalinin oluşum ısısı $\Delta H_{c,Naftalin}$ 'dir. Yanma ısısı $\Delta H_{c,Naftalin}$ ise;

$$\Delta H_{c,Naftalin} = \frac{c_{kal} \cdot \Delta T \cdot M_{Naftalin}}{w_{Naftalin}} \quad (9.9)$$

dir. Bu eşitlikte;

M_{Naft} : Naftalinin mol kütlesi ($g \cdot mol^{-1}$)

w_{Naft} : Naftalin tabletinin kütlesi (g)

göstermektedir.

9.3. Alet ve Maddeler

Naftalin, demir tel, kalorimetre bombası, cam deney kabı, manyetik karıştırıcı, manyetik balık, O_2 tüpü, dijital sıcaklık ölçer, sıcaklık probu, güç kaynağı, bağlantı soketi, tablet hazırlama kabı, spatül, pens.



Şekil 9.1 Kalorimetre bombası düzeneği

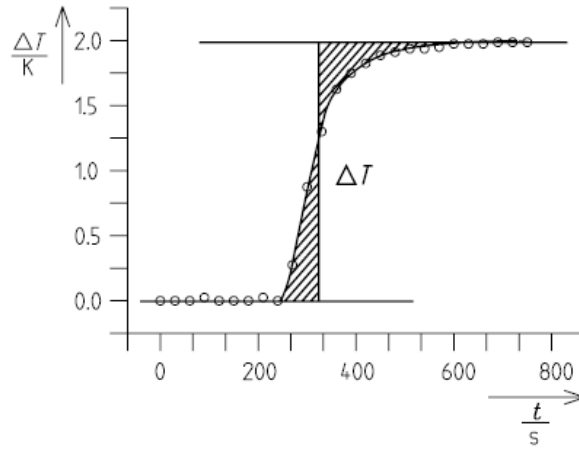
9.4. Deneyin Yapılışı

Bu deneyde, kalorimetre bombası yardımı ile naftalin örneğinin yanma ısısı tayin edilecek ve yanma ısısı kullanılarak naftalin örneğinin oluşum ısısı hesaplanacaktır. Deneyin yapılışında izlenecek yol aşağıdadır ve kurulacak deney düzeneği Şekil 9.1’dedir.

1. Yaklaşık 10 cm uzunluğundaki demir bir tel kesin ve tartınız.
2. Yaklaşık 400 mg ağırlığındaki naftalin örneği tartınız ve numune hazırlama kabına koyunuz.
3. Demir teli, iki ucu açıkta ve geri kalan kısmı naftalin örneğinin içinde yer alacak şekilde numune hazırlama kabına koyunuz, mengenede sıkıştırarak tablet şekline getiriniz. Bu şekilde 3 ayrı numune hazırlayınız.
4. Demir tel ve naftalin örneğinden oluşan numuneyi tartınız.
5. Naftalin tabletini kalorimetre bombasındaki numune haznesine, telin iki ucundan etkileşim sağlanacak, telin uçları kalorimetre bombasına geçmiş ve numune kabın tam ortasında olacak şekilde yerleştiriniz ve bombayı kapatınız.
6. Kalorimetre bombasını cam deney kabına koyunuz.
7. Maksimum en fazla 10 bar’lık basınç altında kalorimetre bombasını O₂ gazı ile doldurduktan sonra kontrol vanasını kapatınız ve O₂ tüpünü sistemden ayırınız.
8. İçine kalorimetre bombası konmuş cam deney kabını tam olarak 850 g su ile doldurunuz. Suyun içine sıcaklık probunu yerleştiriniz ve sıcaklık probunun diğer ucunu sıcaklık ölçere bağlayınız. Sıcaklık ölçeri, sıcaklık farkını (ΔT) gösterecek şekilde ayarlayınız.
9. Su dolu cam deney kabına manyetik balık koyunuz ve yüksek devirde karıştırma işlemini başlatınız.
10. Kalorimetre bombasının bağlantı soketlerini 15 Volt’a ayarlı güç kaynağına bağlayınız. Güç kaynağını açarak yanma işlemini başlatınız ve sıcaklık ölçerden ilk sıcaklığı okuyunuz.
11. Bu işlemten sonra, sıcaklık sabit kalıncaya kadar 30 s’de bir sıcaklık farkını (ΔT) kaydediniz (0,01 K hassasiyetle).
12. Deney tamamlandıktan sonra güç kaynağını kapatınız ve bombayı açarak aşırı oksijen ve reaksiyon süresinde oluşan gazların dışarı çıkışını sağlayınız.
13. Deney hatalarını en aza indirmek için; yukarıdaki işlemleri toplam 3 numune için tekrarlayınız ve sonuçların ortalamasını alınız.

9.5. Hesaplamalar ve Sonuçlar

1. Elde edilen sıcaklık verileri yardımı ile Şekil 9.2’deki sıcaklık-zaman eğrisini oluşturunuz.



Şekil 9.2 Sıcaklık-Zaman eğrisi

2. Şekil 9.2 yanma ısısının hesaplanması için düzeltilmiş sıcaklık farkının (ΔT) nasıl belirleneceğini göstermektedir. Bu düzeltme, kalorimetre ve kalorimetrenin çevresi arasındaki ısı değişiminden dolayı gereklidir. Düzeltmeyi yapabilmek için, çizdiğiniz sıcaklık-zaman eğrisine, kesim noktasının altında ve üstünde kalan alanlar eşit olacak şekilde dikey ve düzgün bir doğru yerleştiriniz. Doğrunun kesim noktasına karşı gelen ΔT değerini okuyunuz.
3. Sıcaklık-zaman eğrisi yardımı ile bulunan düzeltilmiş ΔT değerini Eşitlik 9.8’de yerine koyarak deneysel yanma ısısını hesaplayınız.
4. Eşitlik 9.7’de CO_2 in oluşum ısısını ($-393,77 \text{ kJ.mol}^{-1}$) ve H_2O ’nun oluşum ısısını ($-286,17 \text{ kJ.mol}^{-1}$) kullanarak Naftalinin oluşum ısısını hesaplayınız.
5. Naftalinin literatürden oluşum ısısını bularak elde ettiğiniz deneysel değerle karşılaştırınız ve deneysel hatayı bularak, yorumlayınız.

10. DENEY

KISMEN KARIŞAN SIVILARIN ÇÖZÜNÜRLÜĞÜNÜN İNCELENMESİ

10.1. Amaç

Bu denemede kısmen karışan iki sıvının çözünürlük eğrisinin çizimi ve "Kritik Çözünme Sıcaklığı" bulunacaktır.

10.2. Teori

Karışma açısından incelendiğinde, iki sıvı madde için belirli bir sıcaklıkta 3 hal söz konusudur:

1. Birbiri ile tamamen karışabilir
2. Kısmen karışabilir
3. Hiç karışmayabilir

Ayrıca çözünürlük sıcaklığa bağlı olduğundan belirli bir sıcaklıkta birbiri ile tamamen karışabilen iki sıvı madde, başka bir sıcaklıkta kısmen karışan iki madde olabilir.

Fenol-su sistemi, kısmen karışan sıvıların en güzel örneğini oluşturmaktadır. Su içine, normal sıcaklıklarda az miktarda fenol ilave edildiğinde, fenol su içinde çözünür ve tek fazlı homojen bir karışım elde edilir. Fenol ilavesine devam edildiğinde, belirli bir konsantrasyonda su fenole doyar ve karışım iki fazlı olmaya başlar Birbiri ile dengede olan bu fazlardan biri su, diğeri ise fenolce zengindir. Üst fazda fenolde su çözeltisi, alt fazda ise suda fenol çözeltisi vardır. Değişik oranlarda birbirleriyle dengede olan çözeltiler konjuge çözeltiler olarak bilinirler.

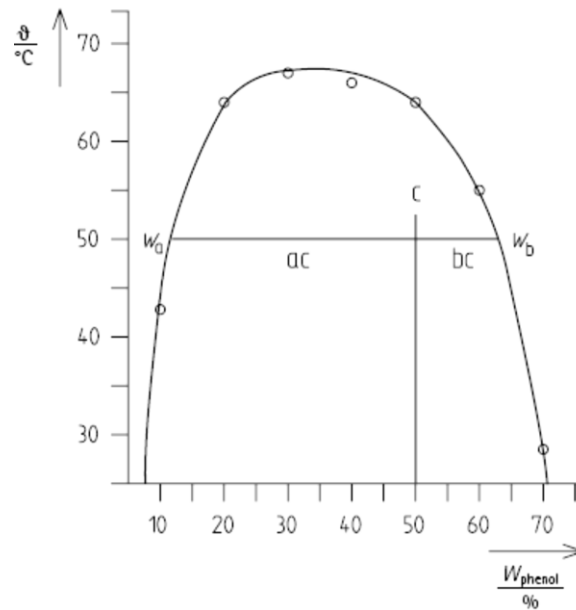
Sıcaklık arttıkça moleküller arası itme kuvvetleri yenilerek çözünürlük artmaya başlar, iki madde birbirleri içinde daha çok çözünür. İki fazlı bölge giderek daralır ve sonuçta tek bir noktaya indirgenir. İki fazın bir arada dengede bulunabildiği bu maksimum sıcaklığa sistemin “kritik çözünme sıcaklığı”dır. Bu sıcaklıktan daha yüksek sıcaklıkta olan bölgede fenol ve su birbiri ile tamamen karışırlar. Fenol-su sisteminin kritik çözünme sıcaklığı 65,85°C’dir.

Bu tür sıvı maddelerin çözünürlük eğrilerinin bulunması için kullanılmakta olan pek çok değişik yöntem bulunmaktadır. Bu denemede kullanılacak olan yöntemde belirli konsantrasyonlarda fenol-su karışımları hazırlanır ve her karışımın “Doyma Sıcaklığı” ölçülür. Bunun için deneme esnasında, farklı oranlarda fenol-su içeren tüplerin ısıtılarak iki ayrı fazlı fenol-su sisteminin tek faz haline geçtiği, diğer bir deyişle birbiri içinde çözüldüğü

sıcaklık bulunur; bu sıcaklık “Doyma Sıcaklığı” dır. “Doyma Sıcaklığı” değerlerinden yararlanılarak fenol-su sisteminin çözünürlük eğrisi Şekil 10.1 de olduğu gibi çizilir.

Şekil 10.1’de görüldüğü gibi eğrinin bir maksimumu vardır. Bu eğrinin altında kalan herhangi bir noktada sistem çift fazlı, eğrinin dışındaki tüm noktalarda ise tek fazlıdır. "Kritik Çözünme Sıcaklığı" bu eğrinin maksimum noktasını oluşturur. Bu sıcaklığın üzerindeki bir sıcaklıkta bu iki bileşen her oranda birbiri içinde karışır larken, bu sıcaklıktan daha düşük değerlerde birbirleri ile kısmen karışarak iki fazlı bir sistem oluştururlar.

Kısmen karışan sıvılar için çözünürlük eğrileri genelde fenol-su sisteminde olduğu gibi maksimum sıcaklık içerirler. Ancak Trietilamin-Su ve Nikotin-Su sistemleri gibi çözünürlüğün sıcaklıkla azaldığı veya bazı sıcaklıklarda artıp bazı sıcaklıklarda azaldığı sistemlerin çözünürlük eğrileri farklıdır. Bu sistemlerin ilki minimuma sahip bir eğri oluştururken ikincisi ise kapalı bir eğri verir yani hem maksimum hem minimum değerlere sahiptir.



Şekil 10.1 Fenol-su sisteminin çözünürlük

10.3. Alet ve Maddeler

Su banyosu, fenol-su karışımları için özel tüpler, termometre, su banyosu için karıştırıcı, %90'lık fenol çözeltisi.



Şekil 10.2 Deney düzeneği.

10.4. Deneyin Yapılışı

1. Konsantrasyonları %10, %20, %30, %40, %50, %60, %70 ve %80 olan fenol-su karışımlarını içeren tüpleri su banyosuna yerleştirerek su banyosunu tüplerde tek faz oluşuncaya kadar ısıtınız.

(SU BANYOSUNUN SICAKLIĞINI 70°C ÜZERİNE ÇIKARMAYINIZ!)

2. Isıtmayı durdurarak su banyosunun yavaş yavaş soğumasını sağlayınız.
3. Soğuma işlemi sırasında tüplerdeki çözeltileri dikkatle izleyiniz. Sıcaklık düştükçe çözeltilerde faz ayrımını gösteren bir bulanıklık başlayacaktır. Faz ayrımının başlangıcında tüp çalkalanırsa, bulanıklık kaybolur. Bulanıklığın kaybolmadığı sıcaklığı çözeltinin "Doyma Sıcaklığı" olarak kaydediniz.
4. Yukarıdaki işlemi her tüp için tekrarlayarak her çözeltinin "Doyma Sıcaklığı" nı kaydediniz.

10.5. Hesaplamalar ve Sonuçlar

1. Konsantrasyonları farklı çözelti için bulduğunuz doyma sıcaklıklarını aşağıda gösterildiği şekilde bir tabloya yerleştiriniz.
2. Hazırladığınız tablodaki değerleri kullanarak ordinat sıcaklık, apsis de zelti konsantrasyonu (ağırlık yüzdesi) olacak şekilde fenol-su sisteminin çözünürlük eğrisini çiziniz
3. Çözünürlük eğrisinden fenol-su sisteminin kritik çözünme sıcaklığını bulunuz. Bu değer izdiğiniz eğrinin tepe noktasının ordinatıdır.

%Fenol	Doyma Sıcaklığı (°C)
%10	
%20	
%30	
%40	
%50	
%60	
%70	
%80	

Kritik znme Sıcaklığı :°C

4. Deney sonucunda bulduğunuz kritik çözünme sıcaklığını gerçek değeri ile karőtılaőtırarak deneydeki hata oranını hesaplayınız ve hata kaynaklarını yorumlayınız.

11.DENEY

İKİNCİ MERTEBEDEN BİR REAKSİYONUN İNCELENMESİ ETİL ASETATIN SABUNLAŞMASI

11.1. Amaç

İkinci mertebeden bir reaksiyonun incelenmesi ve k hız sabitinin bulunması

11.2. Teori

Bir reaksiyonun hızı, reaksiyona giren iki maddeden her birinin konsantrasyonu veya maddelerden yalnız birinin konsantrasyonunun karesi ile orantılı ise, reaksiyon ikinci mertebededir. Denklemi $A + B \longrightarrow C$ ile gösterilen bir reaksiyon için “a” ve “b” reaksiyona giren A ve B maddelerinin başlangıç konsantrasyonu; “x” t zamanında reaksiyona giren mol sayısı (litrede) ise, bu reaksiyonun hızı;

$$\frac{dx}{dt} = k(a - x)(b - x) \quad (11.1)$$

ifadesi ile gösterilir. Bu denklemin integrali alınır ve k hız sabitine göre çözülürse;

$$k = \frac{2,303}{t(a - b)} \log \frac{b(a - x)}{a(b - x)} \quad (11.2)$$

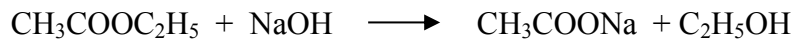
elde edilir. En basit durum, A ve B maddelerinin konsantrasyonlarının birbirine eşit olduğu a=b halidir. Bu şartlar altında Eşitlik (11.1)’deki diferansiyel hız denklemi;

$$\frac{dx}{dt} = k(a - x)^2 \quad (11.3)$$

şeklini alır. Bu denklemin integrali alınır ve k hız sabitine göre çözülürse;

$$k = \frac{1}{t} \frac{x}{a(a - x)} \quad (11.4)$$

bulunur. Etil asetatın bazik bir çözelti içinde sabunlaşması ikinci mertebeden bir reaksiyondur. Bu reaksiyonun hız sabitinin hesaplanması için;



İçin ester ve baz çözeltileri bir termostat içinde iki ayrı kaba konulur. İki çözelti sabit bir sıcaklığa getirildikten sonra karıştırılır. Kısa aralıklarla, belirli zamanlarda, reaksiyon karışımından numuneler alınır. Alınan bu numuneler ilk olarak belirli hacimde standart bir asit çözeltisi içine dökülerek, asitle, sabunlaşma reaksiyonuna girmemiş olan NaOH in nötralizasyonu sağlanır.

Nötralizasyon sonunda, standart bir baz çözeltisi ile geri titre edilerek kalan asit miktarı ve buna bağlı olarak da reaksiyona girmeden kalan NaOH miktarı bulunur. Reaksiyon başlangıcındaki ve bitimindeki NaOH konsantrasyonlarından, reaksiyona giren etil asetat miktarı bulunur. Reaksiyon hız sabiti, deney sonuçları Eşitlik (11.2)'de yerine konularak bulunur. Deneyde reaksiyona giren ester ve baz çözeltilerinin başlangıç konsantrasyonlarının eşit olarak seçilmesi büyük kolaylık sağlar. Bu durumda, k, hız sabiti Eşitlik 11.4'ten bulunur.

11.3. Alet ve Maddeler

25 ve 20 mL'lik pipet, 1 litrelik balonjoje, 500 mL'lik mezür, 4 adet erlen, büret, etil asetat, 4/3 M NaOH çözeltisi, 1/30 N H₂SO₄ çözeltisi, fenolftalein indikatörü.

11.4. Deneyin Yapılışı

1. 1/30 M NaOH çözeltisi hazırlayınız. Çözeltiyi hazırlamak için 1 litrelik balonjojeye bir pipet yardımı ile 25 mL 4/3 N NaOH çözeltisinden alıp, saf su ile 1 litreye tamamlayınız.
2. Hazırladığınız 1/30 M NaOH çözeltisinden 500 mL'sini mezür yardımıyla reaksiyon balonuna koyunuz.
3. Dört ayrı erlene pipet yardımıyla 25'er mL 1/30 N H₂SO₄ çözeltisi koyunuz ve erlenlere birkaç damla fenolftalein indikatörü ilave ediniz.
4. Büreti, 1/30 N NaOH çözeltisi ile doldurarak ayarlayınız.
5. Reaksiyon balonuna 1,64 mL etil asetat ilave ediniz ve iki çözeltiyi manyetik karıştırıcıda karıştırarak reaksiyonu başlatınız. Karıştırma işlemine deney bitimine kadar devam ediniz. (Etil asetatın başlangıç konsantrasyonu bu şekilde 1/30 M olmuş olur)
6. 5 dakika sonra reaksiyon balonundan pipetle 20 mL'lik bir numune alınız ve numuneyi daha önce hazırladığınız 25 mL H₂SO₄ içeren erlenlerin birine boşaltınız. Nötralizasyona girmeyen H₂SO₄'ü büretteki 1/30 M NaOH çözeltisi ile titre ediniz. NaOH sarfiyatı (V₁)'i tespit ediniz.

7. Yukarıdaki açıklanan işlemi reaksiyonun 15., 25., 35. ları için tekrarlayarak 1/30 M NaOH çözeltisi sarfiyatlarını (V_2, V_3, V_4) bulunuz.

11.5. Hesaplamalar ve Sonuçlar

1. Belirlenen zamanlarda aldığınız her numune için o sürede sabunlaşma reaksiyonuna giren ve girmeyen 1/30 M NaOH çözeltisinin hacmini hesaplayınız.

$$\text{Reaksiyona girmeyen 1/30 M NaOH çözeltisinin hacmi} = (25 - V_i) \text{ mL} \quad (11.5)$$

$$\text{Reaksiyona giren 1/30 M NaOH çözeltisinin hacmi} = [20 - (25 - V_i)] \text{ mL} \quad (11.6)$$

$$\begin{aligned} \text{Reaksiyon balonundan alınan her numunede reaksiyona giren NaOH'in mol sayısı} \\ = \left[20 - \frac{(25 - V_i)}{1000} \right] \cdot \left(\frac{1}{30} \right) \text{ mol/20 mL numune} \end{aligned} \quad (11.7)$$

dir. 1 litre reaksiyon karışımından reaksiyona giren NaOH'in mol sayısı ise yukarıdaki ifadenin 1000/20 ile çarpımına eşittir. Buna göre,

$$x_i = \frac{[20 - (25 - V_i)]}{(20.30) \text{ mol/L}} \quad (11.8)$$

dir. Aldığınız her numune için Eşitlik 11.8'den x_i değerlerini hesaplayınız.

2. Eşitlik 11.4'ten yararlanarak yaptığınız her ölçüm için k hız sabitlerini hesaplayınız ve bulduğunuz dört değer ortalamasını alınız.
3. Ölçtüğünüz ve hesapladığınız değerleri kullanarak, t_i apsis, $x_i/[a.(a-x_i)]$ ordinat olacak şekilde bir grafik çiziniz. Bu grafik Eşitlik 11.4'te görüldüğü gibi orijinden geçen doğrudur ve eğimi reaksiyonun hız sabiti k'ya eşittir. Çizdiğiniz doğrunun eğimini hesaplayarak, daha önce bulduğunuz ortalama k ile karşılaştırınız.
4. Grafikte bulduğunuz k değerini kullanarak reaksiyonun yarılanma süresini, τ , hesaplayınız. İkinci mertebeden bir reaksiyon için $\tau = \frac{1}{k.a}$ dır.
5. t apsis, $(a-x_i)$ ordinat olacak şekilde bir grafik çizerek NaOH'in yarısının reaksiyona girmesi için geçmesi gereken süreyi grafikten okuyunuz. Bulduğunuz değeri Eşitlik 11.8'de hesapladığınız değerle karşılaştırınız.
6. Apsis t, ordinat olacak şekilde bir grafik çiziniz. Elde ettiğiniz doğrunun ordinatı kestiği nokta $\frac{1}{a}$ dır. Bu grafikten yararlanarak başlangıç konsantrasyonu a'yı bulunuz. Bulduğunuz değeri gerçek a değeri ile karşılaştırarak deneydeki hata oranını hesaplayınız.

12. DENEY

SU BUHARI DESTİLASYONU

12.1. Amaç

Su buharı destilasyonu prensiplerini uygulamak ve destilattaki sıvıların ağırlıkları yardımı ile ikili bir karışımdaki az uçucu bileşenin molekül ağırlığını bulmaktır.

12.2. Teori

Destilasyon (damıtma) bir sıvıdan, ısıtma ile buhar meydana getirme ve bunu takiben buharı soğutup yoğunlaştırma (kondense etme) işlemidir. Bu işlem sayesinde maddelerin kaynama noktalarının farklı olmasından yararlanılarak maddeler birbirinden ayrılabilir.

Destilasyon çeşitleri farklı kullanım alanlarına göre temel olarak 4'e ayrılır:

1. Adi Destilasyon
2. Vakum Destilasyonu
3. Fraksiyonlu Destilasyon
4. Su Buharı Destilasyonu

Su buharı destilasyonu, kimya teknolojisinde, kaynama noktası yüksek olan sıvı maddelerin kaynama noktalarından daha düşük sıcaklıklarda ayırım ve saflaştırılmaları için kullanılan çok önemli bir yöntemdir. Ayırımı yapılan madde su ile karışmayan bir sıvı olduğunda bu yöntem çok daha kesin ve güvenilir sonuçlar verebilmektedir.

Su buharı destilasyonu, yaygın olarak suda çözünmeyen maddelerin saflaştırılmasında özellikle de esansiyel yağların meyve ve çiçeklerden elde edilmesinde kullanılır.

Su buharı destilasyonunun dayandığı prensip, birbiriyle karışmayan iki sıvıdan meydana gelen bir sistemin, toplam buhar basıncı P 'nin, sistemi meydana getiren, maddelerin kısmi basınçları P_A ve P_B 'nin toplamı olduğudur.

$$P = P_A + P_B \quad (12.1)$$

Sıvı haldeki karışımın kaynama noktasında buhar basıncı, dış basınca eşittir. İdeal gaz kanunu ve Dalton kısmi basınçlar kanunundan faydalanarak, V hacmindeki buharda bulunan A ve B maddeleri için;

$$P_A \cdot V = n_A \cdot RT = \left(\frac{W_A}{M_A} \right) \cdot RT \quad (12.2)$$

$$P_B \cdot V = n_B \cdot RT = \left(\frac{W_B}{M_B} \right) \cdot RT \quad (12.3)$$

olduğu yazılabilir. Eşitlik 12.2 ve 12.3'ler taraf tarafa bölünerek;

$$\frac{W_A}{W_B} = \frac{(P_A \cdot M_A)}{(P_B \cdot M_B)} \quad (12.4)$$

elde edilir. Bu eşitlikte;

W_A ve W_B : Belirli bir sürede toplanan destilattaki A ve B maddelerinin ağırlıkları (g)

P_B ve P_B : Destilasyon sıcaklığındaki kısmi basınçlar (mmHg)

M_A ve M_B : A ve B'nin molekül ağırlıklarıdır ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

Su ile karışmayan bir maddenin molekül ağırlığını bulmak için, bu madde su buharı ile destile edilir. Toplanan destilattaki maddenin ve suyun ayrı ayrı ağırlıkları;

$$W_i = V_i \cdot d_i \quad (12.5)$$

eşitliğinden hesaplanır. Bu eşitlikteki;

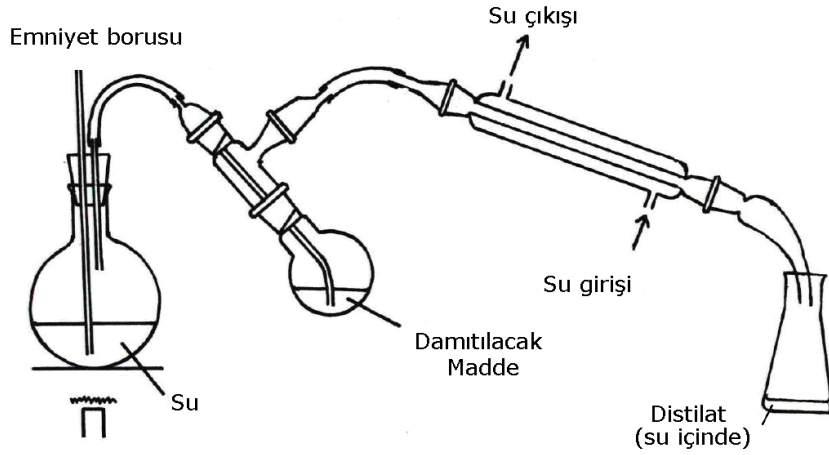
V_i : Destilattaki i maddesinin hacmi,

d_i : Destilattaki i maddesinin yoğunluğudur.

Destilasyon sıcaklığı ve deneyin yapıldığı andaki basınç tespit edilir. Şekil 12.2'deki suyun buhar basıncı eğrisinden destilasyon sıcaklığındaki kısmi basıncı bulunur. Bu değer atmosfer basıncından çıkarılarak molekül ağırlığı bulunması istenen sıvı buharının kısmi basıncı hesaplanır.

12.3. Alet ve Maddeler

Deneyde kullanılan alet Şekil 12.1’de gösterilmiştir. Molekül ağırlığı bulunacak olan madde toluendir.



Şekil 12.1. Deney düzeneği

12.4. Deneyin Yapılışı

1. Buhar jeneratörü olarak kullanılacak olan birinci balon yarısına kadar saf su ile doldurunuz ve emniyet borusunu taşıyan tıpa ile kapatınız, destilasyon balonuna bağlayınız. Destilasyon balonuna 100 mL toluen ve 50 mL saf su koyunuz, tıpayı kapatınız, termometreyi yerine takınız ve soğutucu bağlantılarını tamamlayınız. Soğutucunun su musluğunu açınız ve su geçişini kontrol ediniz.
2. İki balonun altındaki bekleri yakınız. Destilasyon balonunu başlangıçta çok yavaş ısıtınız. Gelen buhar yoğunlaşmadan geçebiliyorsa, bu beki kapatınız. Mohr pensi bulunan borudan 2–3 dakika buhar çıktıktan sonra pensi kapatınız.
3. Deney başlangıcında ve bitiminde barometreden basıncı okuyunuz.
4. Destilatın ilk 5–10 mL’sini bir erlene toplayınız. Destilat düzenli olarak damlamaya başladığında numuneyi bir mezüre toplayınız. Mezürde 100 mL destilat toplanıncaya kadar işleme devam ediniz. Numune toplanmaya başladığı an termometreden sıcaklığı okuyunuz ve işlem süresince dakikada bir okuma yapınız ve okunan sıcaklıkları not ediniz. Deneye son verirken Mohr pensini açınız, bekleri ve suyu kapatınız.

12.5. Hesaplamalar ve Sonuçlar

1. İşlem sırasında okunan sıcaklıkların aritmetik ortalamasını alarak karışımın kaynama noktasını hesaplayınız:

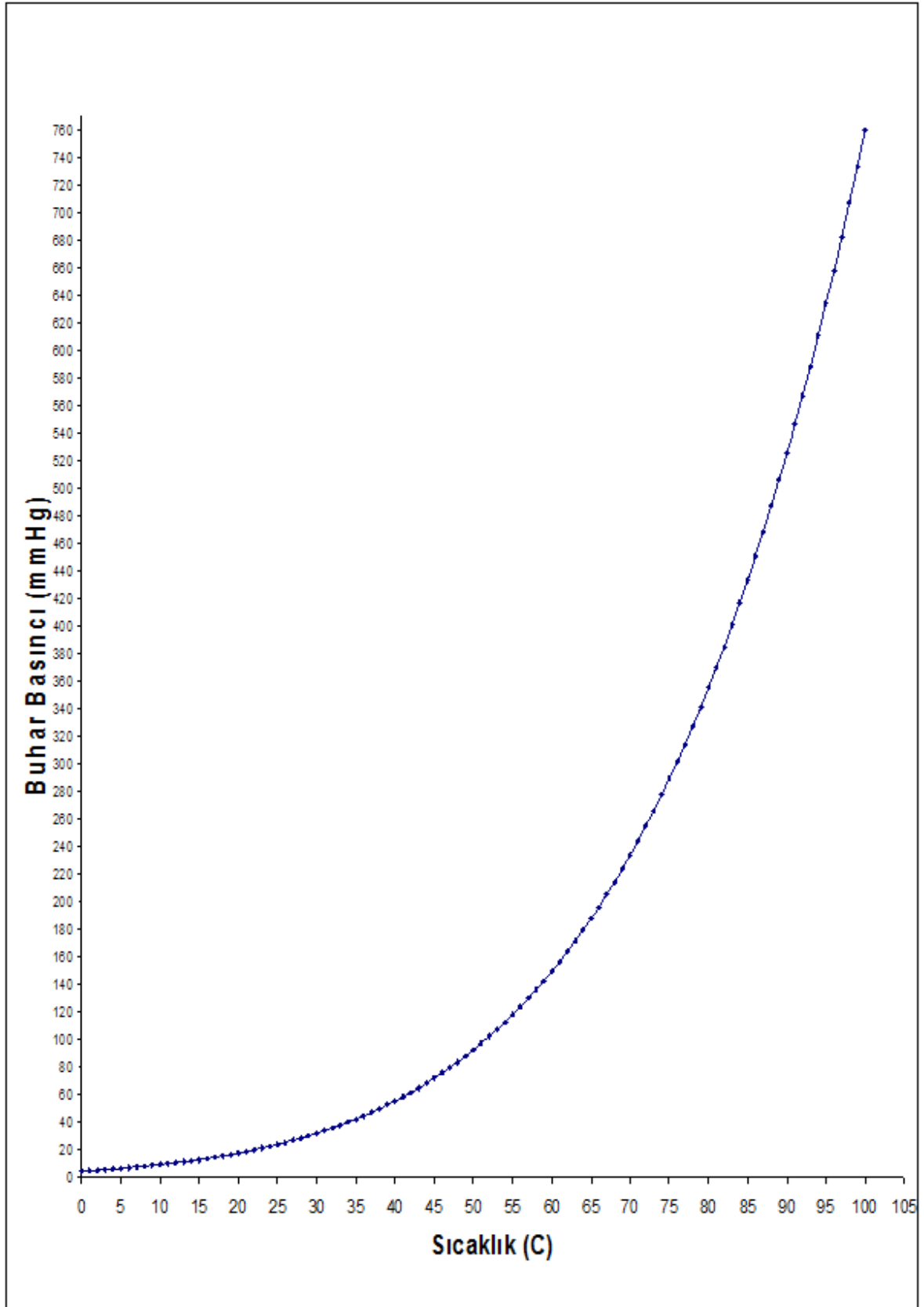
$$t_{ort} = \frac{(t_1 + t_2 + \dots + t_n)}{n} \quad (12.6)$$

2. Karışımın kaynama noktasındaki suyun buhar basıncını Şekil 12.2'deki grafikten okuyunuz. Okunan barometre basıncından bu değeri çıkararak toluenin kısmi basıncını bulunuz.
3. Mezürde ayrılan fazların hacimlerini okuyunuz, su ve toluenin ağırlıklarını hesaplayınız.

$$\text{alt faz : su} \quad d_{\text{SU}} = 1,000 \text{ g.cm}^{-3}$$

$$\text{üst faz : tolue} \quad d_{\text{TOL}} = 0,867 \text{ g.cm}^{-3}$$

4. Eşitlik 12.4 yardımı ile toluenin molekül ağırlığını hesaplayınız.
5. Toluenin gerçek molekül ağırlığı ile deneyde bulduğunuz değeri karşılaştırınız ve hata oranını hesaplayınız. Bulunan oranın büyüklüğüne göre deneyde hataların nerelerden kaynaklanabileceğini yorumlayınız.



Şekil 12.2. Suyun buhar basıncının sıcaklıkla değişim grafiği

13. DENEY

KRİYOSKOPİ

13.1. Amaç

Benzoik asidin asetik asit içerisinde çözünmesinden sonra asetik asidin donma noktası alçalması değerini saptamak, donma noktası alçalması değerini kullanarak benzoik asidin molekül ağırlığını hesaplamaktır.

13.2. Teori

Bir çözelti bu çözeltiyi oluşturan çözücü ve çözünenden farklı özelliklere sahiptir. Bu özellikler koligatif ve koligatif olmayan özellikler olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir. Koligatif özellikler, çözeltideki çözünen taneciklerin niteliğine değil yalnız bu taneciklerin sayısına bağlıdır ve buhar basıncı alçalması, donma noktası alçalması, kaynama noktası yükselmesi ve ozmotik basınç gibi bazı çözelti özelliklerini kapsar. Koligatif olmayan özellikler ise, çözücü ve çözünen maddenin niteliğine bağlı olup çözeltinin tadı, rengi, viskozitesi gibi özellikleri ile ilişkilidir.

Bir çözeltinin donma noktası saf çözücünün donma noktasından daha düşüktür. Donma noktası alçalmasının uygun aparatlar kullanılarak deneysel olarak belirlenmesi yöntemine kriyoskopi denir. Çözücünün özelliklerini kullanarak çözünen maddenin molekül ağırlığı hesaplanabilir.

Donma noktası alçalması, çözücü ve çözeltinin kimyasal potansiyel farkından kaynaklanır. Bir çözücünün çözeltideki kimyasal potansiyeli;

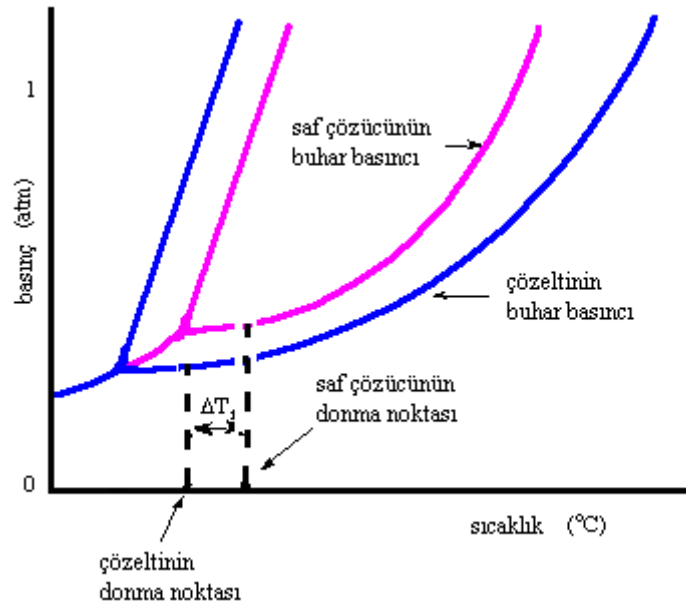
$$\mu(x_1) = \mu^o + RT \ln x_1 \quad (13.1)$$

eşitliği ile gösterilir. Bu eşitlikte; $\mu(x_1)$ çözeltideki çözücünün kimyasal potansiyelini μ_o ise sıvı haldeki saf çözücünün kimyasal potansiyelini göstermektedir. Çözeltideki çözücünün mol kesri, x_1 daima $0 < x_1 < 1$ olduğundan, $\ln x_1 < 0$ 'dır, diğer bir deyişle Eşitlik 13.1'in ikinci terimi her zaman negatiftir. Buna göre çözücünün çözeltideki kimyasal potansiyeli saf haldeki kimyasal potansiyelinden daima $\Delta\mu = -RT \ln x$ kadar daha küçük olur.

Çözeltideki çözücünün kimyasal potansiyelinin azalması bu çözücünün buhar basıncının azalmasına neden olur. Bu değişim Eşitlik 13.2 ile gösterilen Raoult Kanunu ile açıklanabilir. Bu kanuna göre; bir çözücünün gaz fazındaki kısmi basıncı kendi saf haldeki buhar basıncı ile çözeltideki mol kesrinin çarpımına eşittir.

$$P = P^o \cdot x \quad (13.2)$$

Şekil 13.1, çözücü buhar basıncındaki azalmanın donma noktasında meydana getirdiği değişimi göstermektedir.



Şekil 13.1. Saf çözücü ve çözeltisine ait faz diyagramı

P basıncında sıcaklığı T olan donma noktasında, saf katı çözücü çözeltisi ile dengede olduğundan çözücü için denge şartı;

$$\mu_l(x_l) = \mu_s(saf) \quad (13.3)$$

yazılabilir. Eşitlik (13.3), katı ve sıvılarda kimyasal potansiyelin basınca bağlılığı ihmal edilerek ve Eşitlik (13.1) kullanılarak tekrar düzenlendiğinde;

$$\mu_l^o + RT \ln x_1 = \mu_s(saf) \quad (13.4)$$

elde edilir.

Saf maddelerin kimyasal potansiyelleri, molar serbest enerjilerine G^o (standart serbest entalpi) eşit olduğundan $P=1$ atm için Eşitlik (13.4);

$$G_l^o - G_s^o = -RT \ln x_l \quad (13.5)$$

veya

$$-\frac{\Delta G_{ergime}^o}{T} = R \ln x_l \quad (13.6)$$

şeklinde yazılabilir.

Sabit basınç için Gibbs-Helmholtz eşitliği;

$$\frac{d(G/T)}{dT} = -\frac{H}{T^2} \quad (13.7)$$

dır. Eşitlik 13.5 Eşitlik 13.7'ye göre düzenlenip iki tarafın integrali alındığında;

$$\frac{\Delta H_{ergime}}{RT^2} = \frac{d \ln x_l}{dT} \quad (13.8)$$

ve

$$-\ln x_l = \frac{\Delta H_{ergime}}{R} \left[\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T} \right] = \frac{\Delta H_{ergime}}{R} \left[\frac{T - T_o}{T_o T} \right] \quad (13.9)$$

elde edilir. Donma noktası alçalması, $\Delta T = T_o - T$, saf çözücünün donma noktası olan T_o 'a göre çok küçük bir değer olduğundan $T.T_o$ terimi T_o^2 olarak yazılabilir. Aynı zamanda çözücünün mol kesri x_1 çözünenin mol kesri x_2 cinsinden ifade edildiğinde, $x_1 = 1 - x_2$, ideal seyreltik çözeltiler için $\ln x_1 = \ln(1 - x_2) = -x_2$ olur. Eşitlik 13.8 bu kabuller doğrultusunda düzenlendiğinde donma noktası alçalması ΔT ;

$$\Delta T = \frac{RT_o^2}{\Delta H_{ergime}} x_2 \quad (13.10)$$

şeklinde gösterilir.

Çözünenin mol kesri x_2 , mol sayıları cinsinden yazılıp seyreltik çözeltilerde çözünenin mol sayısı n_2 , çözücünün mol sayısı n_1 yanında ihmal edildiğinde x_2 ;

$$x_2 = \frac{n_2}{n_1} = \frac{m}{1000/M_1} = \frac{m.M_1}{1000} \quad (13.11)$$

şeklinde molalite cinsinden tanımlanmış olur.

Molalite m, 1000 g çözücüye ilave edilen çözünen maddenin mol sayısıdır ve donma noktası alçalması ΔT 'yi tanımlayan Eşitlik 13.10 buna göre tekrar düzenlendiğinde;

$$\Delta T = \frac{RT_o^2 M_1}{\Delta H_{ergime} \cdot 1000} \cdot m \quad (13.12)$$

veya

$$\Delta T = K_f \cdot m \quad (13.13)$$

elde edilir. Bu eşitlikte;

K_f : Molar donma noktası alçalması sabiti veya kriyoskopi sabiti,

m : Molalite,

M_1 : Çözücünün molekül ağırlığı,

ΔH_{erime} : Çözücünün erime entalpisi,

R : Gaz sabitini

göstermektedir.

13.3. Alet ve Maddeler

Manyetik karıştırıcı, manyetik balık, sıcaklık ölçer, 1000 mL'lik beher, silindirik iç ve dış tüpten oluşan deney düzeneği, iki boyunlu adaptör, sıcaklık probu, sıcaklık probu için koruyucu tüp, buz, asetik asit, benzoik asit, etanol, pipet, spatül ve pens.

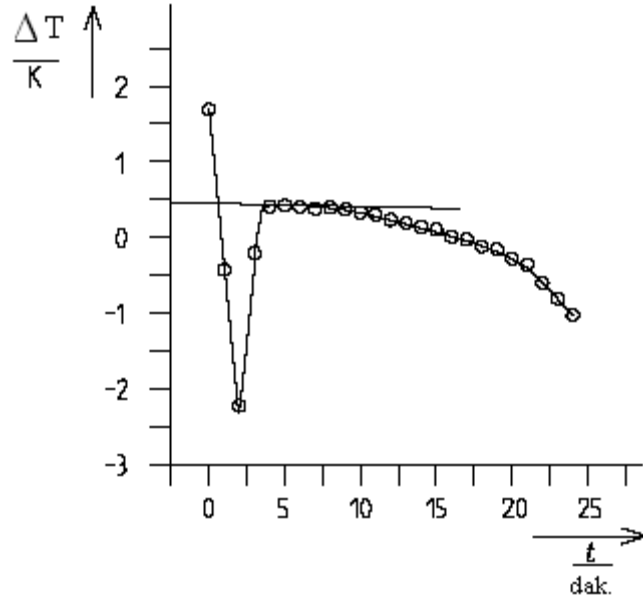
13.4. Deneyin Yapılışı

1. Deney düzeneği Şekil 13.2'de gösterildiği şekilde kurunuz.
2. İç ve dış tüpler arasındaki ara alan ısı iletimini sağlar. Bu alanı 35 – 40 mL saf etanol ile doldurunuz.
3. İç tüpün en üst noktasına iki boyunlu adaptörü yerleştiriniz. Bu adaptörün üst girişi sıcaklık probu için, yandaki kol ise madde girişi içindir.
4. İç tüpe 15 mm boyunda bir manyetik balık yerleştiriniz.



Şekil 13.2. Deney Düzenegi

5. Molekül ağırlığı bulunacak maddeyi yaklaşık 600 mg ağırlığında bir pelet haline getiriniz ve bu peletin ağırlığı not ediniz.
6. İç tüpe bir pipet yardımı ile 50 mL saf asetik asit koyunuz.
7. İki boyunlu adaptörün üst girişine sıcaklık probu için koruyucu tüpü yerleştiriniz ve ısı transferini güçlendirmek için bu tüpe birkaç damla alkol damlatınız. Sıcaklık probunu koruyucu tübe yerleştirdikten sonra diğer ucunu sıcaklık ölçere bağlayınız.
8. Düzenegi tamamladıktan sonra spora tutturarak sabitleştiriniz.
9. 1000 mL'lik bir beher buz ile doldurunuz ve sıcaklık ölçere bağlı olan ikinci sıcaklık probunu buzla doldurduğunuz behere daldırınız. Bu behere bir manyetik balık koyunuz ve karıştırma hızını çok hızlı olmayacak biçimde ayarlayınız.
10. Deney düzenegini bu beher içine yerleştiriniz.
11. Beherdeki buzun sıcaklığını yaklaşık -10°C 'ye ayarlayınız.
12. İç tüpteki sıcaklık yaklaşık -1°C 'ye ulaştığında dijital sıcaklık ölçeri, sıcaklık değişimi ΔT 'yi ölçmek için ayarlayınız ve dakikada bir sıcaklığı kayıt ediniz.
13. Kaydedilen veriler kullanarak Şekil 13.3'de gösterildiği gibi soğuma eğrisini çizin ve bu eğrinin minimum noktası olan saf asetik asidin donma noktası T_0 'ı kayıt ediniz.



Şekil 13.3. Soğuma Eğrisi

14. Saf asetik asit için soğuma eğrisini çizdikten sonra, deney düzeneğini buz dolu beherden çıkarınız ve iç tüpteki asetik asit tamamen sıvılaşmaya kadar bekleyiniz.
15. Sıvılaşma tamamlandıktan sonra, iç tüpe pelet halindeki benzoik asiti koyunuz ve sıvı asetik asit içinde tamamen çözünmesini sağlayınız.
16. Deney düzeneğini tekrar buz dolu behere yerleştiriniz ve çözelti için sıcaklık ölçümüne başlayınız.
17. Kaydettiğiniz veriler ile ikinci bir soğuma eğrisi çizin ve bu eğrinin minimum noktası olan çözeltinin donma noktası T' 'yi belirleyiniz

13.5. Hesaplamalar ve Sonuçlar

1. Çizdiğiniz iki soğuma eğrisinin minimum noktalarından belirlediğiniz belirlenen, T_0 ve T değerlerini kullanarak donma noktası alçalması değeri ΔT 'yi hesaplayınız.
2. Bulduğunuz ΔT ve asetik asit için $K_f = 3,58 \text{ } ^\circ\text{K/m}$ 'i Eşitlik 13.13'te yerine koyarak çözeltinin molalitesi m 'yi hesaplayınız.
3. Molalite değerini kullanarak benzoik asitin molekül ağırlığını hesaplayınız.
4. Benzoik asitin gerçek molekül ağırlığı ile elde ettiğiniz sonucu karşılaştırarak deney sonucunu yorumlayınız.

14. DENEY

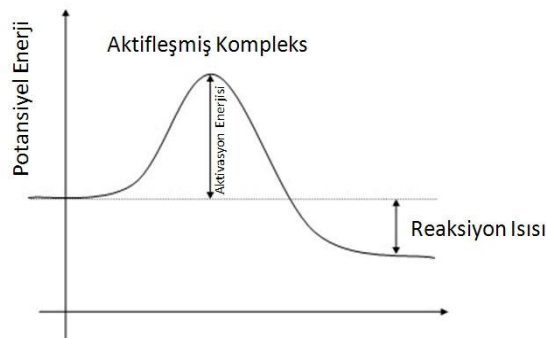
REAKSİYON HIZLARI ÜZERİNE SICAKLIĞIN ETKİSİ ve KİMYASAL BİR REAKSİYONUN AKTİVASYON ENERJİSİNİN BULUNMASI

14.1. Amaç

Kimyasal bir reaksiyonun sıcaklığını değiştirerek, reaksiyon hızları değişiminin izlenmesi ve bu değişimden yararlanarak reaksiyonun aktivasyon enerjisinin hesaplanmasıdır.

14.2. Teori

DeneySEL verilere göre genellikle reaksiyonların hızları, sıcaklığın yükselmesi ile artmaktadır. Reaksiyon hızının değişimi, reaksiyon hız sabitinin sıcaklık ile değişmesiyle ifade edilir. Bir reaksiyonun gerçekleşmesi için reaksiyona giren moleküllerin eşik enerjisi olan minimum bir enerjiye sahip olmaları gerekir. Bu enerjiye “Aktivasyon Enerjisi”, bu enerjiye sahip moleküllere de aktifleşmiş kompleks denir. Aktifleşmiş kompleksler yüksek enerjilerinin yanı sıra reaksiyon ürünlerini meydana getirmeye en uygun konfigürasyona sahip atom topluluklarıdır. Bu kompleksler normal moleküllerden farklıdır. İçlerinde bazı bağlar oluşmakta bazı bağlar ise kırılmaktadır. Aktifleşmiş moleküllerin sayısı, sıcaklığın yükseltilmesi ile arttırılabilir.



Şekil 14.1 Kimyasal bir reaksiyon için potansiyel enerji yüzeyi

Kimyasal bir reaksiyon için potansiyel enerji yüzeyi Şekil 14.1’de gösterilmiştir. Eğrinin minimum noktaları reaktan ve ürünlere aittir. Aktifleşmiş kompleks ise enerji eğrisinin daima maksimum noktasında bulunur ve reaktanlarla ürünleri birbirinden ayıran bir enerji engeli oluşturur. Bu engel ne kadar düşük bir enerjiye sahip ise reaksiyon da o kadar hızlı gelişir.

Basit reaksiyonlar için hız sabitinin sıcaklığa bağımlılığı;

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}} \quad (14.1)$$

Arrhenius eşitliği ile gösterilir. Bu eşitlikte;

k: Reaksiyon hız sabiti

A: Frekans Faktörü

E_a: Aktivasyon Enerjisi

R: İdeal Gaz sabiti

T: Mutlak sıcaklık

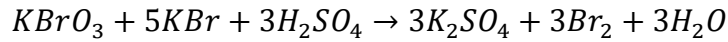
değerlerini göstermektedir. Eşitlik (14.1)’in iki tarafının logaritması alınır;

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT} \quad (14.2)$$

eşitliği elde edilir. Belirli bir reaksiyonun tamamlanması için geçen zaman, t, hız sabiti ile ters orantılıdır. Bu nedenle Eşitlikte (14.2) deki k yerine 1/t yazılırsa,

$$\ln t = -\ln A + \frac{E_a}{RT} \quad (14.3)$$

eşitliği elde edilir. Bu eşitliğe göre, farklı sıcaklıklarda reaksiyonun tamamlanma zamanı ölçülerek Eşitlik 14.3 yardımı ile reaksiyonun aktivasyon enerjisi bulunabilir.



Yukarıdaki reaksiyon oda sıcaklığında yavaş bir şekilde oluşur. Reaksiyonun tamamlanma zamanı, ortamda fenol ve indikatör olarak metil kırmızısının ilavesi ile bulunabilir. Reaksiyon sonucunda oluşan brom, fenol ile tribromofenol oluşturmak üzere çok hızlı bir şekilde reaksiyona girer. Bütün fenol harcandıktan sonra geriye kalan bir miktar brom, ortamdaki indikatörün rengini yok eder.

14.3. Alet ve Maddeler

Termostat, deney tüpleri, 3 adet pipet, kronometre, 0,01 M Fenol, Bromür-Bromat çözeltisi (0,0833 M KBr + 0,0167 M KBrO₃ içeren çözelti, 0,05 M Broma karşılık gelir), 0,5 M H₂SO₄, metil kırmızısı indikatörü

14.4. Deneyin Yapılışı

Bir deney tüpüne 5 mL fenol, 5 mL Bromür-Bromat çözeltisi ve 5 damla metil kırmızısı indikatörü koyunuz.

İkinci bir deney tüpüne 2,5 mL H₂SO₄ çözeltisi koyunuz.

Her iki tüpü 25°C ye ayarlı su banyosuna yerleştiriniz. Tüpler banyo sıcaklığına eriştiği zaman tüplerdeki çözeltileri karıştırınız ve pembe rengin kaybolmasına kadar geçen süreyi belirleyiniz.

Deneyi sırası ile 35°C, 45°C, 60°C ve 75°C sıcaklıklar için de tekrarlayınız.

14.5. Hesaplamalar ve Sonuçlar

1. Deney verilerini zaman (t), lnt ve sıcaklık (T), 1/T şeklinde aşağıdaki çizelgede toplayınız. lnt değerlerini 1/T değerlerine karşı grafiğe yerleştiriniz. Uygun bir bilgisayar programında lineer regresyonla doğru denklemini $y=mx+n$ şeklinde elde ediniz.
2. Eşitlik 14.3'ten yararlanarak, bu doğrunun eğiminden (m) reaksiyonun aktivasyon enerjisini ve frekans faktörünü (A) hesaplayınız.

°C	t (sn.)	lnt	T (°K)	1/T
25				
35				
45				
60				
75				

15. DENEY

α, α' -AZOBİSİZOBÜTİRİTRİL (AIBN)'İN BOZUNMA REAKSİYONUNUN KİNETİĞİ

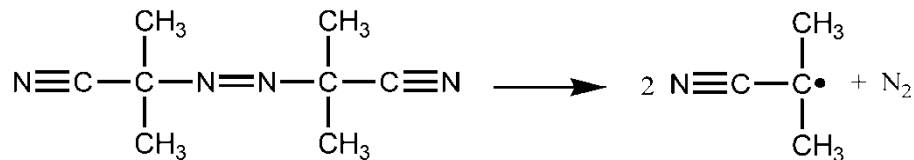
15.1. Amaç

N, N'-Dimetilformamid (DMF) içindeki α, α' -azobisizobütironitril (AIBN)'in termal bozunma reaksiyonunun reaksiyon hız sabitinin farklı sıcaklıklar için bulunması ve bulunan hız sabitlerini kullanarak, reaksiyonun aktivasyon enerjisinin hesaplanmasıdır.

15.2. Teori

İnert bir çözücüde ısıtıldığında, 1 mol α, α' -azobisizobütironitril (AIBN) 2 mol izobütironitril radikali ve 1 mol azot gazı çıkışı sonucunda bozunur. Bu reaksiyon için, zamana bağlı olarak gaz çıkışı miktarının volumetrik olarak ölçülmesi ile kinetik inceleme yapılabilir.

Ünimoleküler elementer reaksiyonların hızlarının incelenmesi için, AIBN'in termal bozunma reaksiyonu örnek olarak alınabilir. Reaksiyon, stokiyometrik miktarda azot gazı çıkışı ve izobütironitril radikallerinin oluşumu ile sonuçlanır.



Bu nedenle; bozunma hızı Eşitlik 15.1'deki birinci mertebeden hız ifadesine uyar. Eşitlik 15.1'in kullanımı ile belirli bir sıcaklıkta ve herhangi bir t zamanında bozunmamış AIBN'in konsantrasyonu ve konsantrasyondan bağımsız (fakat sıcaklığa bağımlı) k hız sabiti bulunabilir.

$$\text{Hız} = -\frac{d[\text{AIBN}]}{dt} = k[\text{AIBN}] \quad (15.1)$$

Eşitlik 15.1'in başlangıç ve t anı arasında integrali alındığında;

$$\ln \frac{[AIBN]_0}{[AIBN]} = kt \quad (15.2)$$

elde edilir. Bu eşitlikte;

$[AIBN]_0$: başlangıç t_0 anındaki AIBN konsantrasyonu

$[AIBN]$: t anındaki AIBN konsantrasyonu

dur. Eşitlik 15.2'deki t_0 ve t anındaki AIBN'in konsantrasyonları, reaktanların herhangi bir t anındaki ve reaksiyon tamamlandığı andaki gaz hacimleri V_∞ ve V ile ifade edilebilir.

$$\ln \frac{V_\infty}{V_\infty - V} = \ln Q = kt \quad (15.3)$$

veya

$$\ln(V_\infty - V) = -kt + \ln V_\infty \quad (15.4)$$

Buna göre; $\ln \frac{V_\infty}{V_\infty - V}$ ifadesinin zamana göre çizilen doğrusal grafiğinin eğimi k değerini verir.

Hesaplanan k hız sabitinin sıcaklığa bağlılığı Arrhenius eşitliği ile ifade edilir:

$$k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}} \quad (15.5)$$

Bu eşitlikte;

E_a : Aktivasyon enerjisi

A : Frekans faktörü

dur. Eşitlik 15.5'in logaritması alındığında;

$$\ln k = -\frac{E_a}{R} \frac{1}{T} + \ln A \quad (15.6)$$

eşitliği elde edilir.

Bu denkleme göre; $\ln k - 1/T$ arasında bir grafik çizildiğinde grafiğin eğiminden E_a hesaplanabilir. Ayrıca aktivasyon enerjisi Eşitlik 15.6'nın iki ayrı sıcaklık için yazılması sonucu elde edilen eşitlik kullanılarak da hesaplanabilir:

$$E_a = \frac{T_1 T_2}{T_2 - T_1} R \ln \frac{k_2}{k_1} \quad (15.7)$$

15.3. Alet ve Maddeler

Isıtıcılı manyetik karıştırıcı, kontakt termometre, 2 adet manyetik balık, thermokupl cihazı, 50 mL'lik balonjoje, pipet, üç boyunlu balon, geri soğutucu, şırınga, lastik kapaklar, yağ banyosu, gaz şırıngası, kronometre, α , α' -azobisisobütironitril (AIBN), N,N'-dimetilformamid (DMF).

15.4. Deneyin Yapılışı

1. Şekil 15.1 'de gösterildiği gibi bir düzenek kurunuz.



Şekil 15.1 Deney düzeneği

2. 1 molar AIBN çözeltisini şu şekilde hazırlayınız: 50 mL'lik bir balonjoje içerisine 8,212 gr. AIBN tartınız ve balonjojeyi 50 mL DMF ile tamamlayarak, AIBN'in DMF içerisindeki çözeltisini hazırlayınız. Bu çözeltiyi, ışık etkisiyle gerçekleşebilecek bozunmayı önlemek amacıyla koyu renkli bir şişede saklayınız.
3. Yağ banyosu içine daldırılmış üç boyunlu bir balonun içerisine 50 mL DMF koyunuz ve manyetik balık atınız. Balonun yan boyunlarına cam tüpler yerleştiriniz ve üzerlerini plastik kapaklarla kapatınız. Bu plastik kapaklardan birini iğne ile deliniz ve bu delikten thermokupl cihazını balonun içine doğru sokunuz (diğer lastik kapak AIBN'in enjeksiyonu için kullanılacaktır). Sabit bir karıştırma ile ortamı 90°C'ye ısıtınız. Dijital termometre ile sıcaklığı tam olarak okuyunuz.
4. Sıcaklık sabitlendiği zaman, gaz enjektörünün üç yollu musluğunu atmosfere açınız ve 5mL AIBN çözeltisini balona enjekte ediniz. Sıcaklık tekrar sabit kalıncaya kadar ve

gaz oluşumu gözleninceye kadar bekledikten sonra üç yollu musluğu çevirerek atmosfere kapanmasını ve sisteme açılmasını sağlayınız. Kronometre yardımıyla, belirli zaman aralıklarında gaz hacmini (V) sabit kalıncaya kadar kaydediniz. Son gaz hacmini (V_{∞}) tam olarak saptayınız.

5. Ölçümleri, 90-115°C arasındaki belirli sıcaklıklar için tekrarlayınız. Her bir ölçümden sonra, ortamdan 5 mL sıvıyı geri çekerek, DMF hacminin başlangıçtaki hacmine gelmesini sağlayınız.

15.5. Hesaplamalar ve Sonuçlar

1. Deney esnasında elde edilen V ve V_{∞} değerleri kullanarak her bir sıcaklık için $\ln \frac{V_{\infty}}{V_{\infty} - V}$ ifadesini hesaplayınız. Yine her bir sıcaklık için $\ln Q$ - t (dak) grafiğini çiziniz.
2. Elde edilen grafiklerin eğimlerinden k hız sabitlerini bulunuz.
3. $\ln k$ - $1/T$ grafiğini çiziniz. Elde edilen doğrunun eğiminden aktivasyon enerjisini hesaplayınız.
4. Elde edilen değerleri literatürdeki yaklaşık sonuçlarla karşılaştırarak hata deneydeki yüzdesini hesaplayınız. Hataların nelerden kaynaklanmış olabileceğini tartışınız.

16.DENEY

BİRİNCİ MERTEBEDEN REAKSİYONLAR POLARİMETRİK YÖNTEM

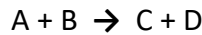
16.1. Amaç

Birinci mertebeden bir reaksiyonun polarimetrik yöntemle izlenmesi ve hız sabitinin bulunmasıdır.

16.2. Teori

Kimyasal bir reaksiyonun hızı, reaksiyonun ilerleme derecesinin zamana göre değişimidir. Bu değişim aynı zamanda, reaksiyonda yer alan bir maddenin birim zamandaki konsantrasyon değişimi ile stokiyometrik katsayısının tersinin çarpımına eşittir. Reaksiyon hızı reaktanlardan sadece birinin konsantrasyonu ile orantılı ise; reaksiyon birinci mertebededir.

Reaksiyon denklemi;



ile gösterilen bir reaksiyon, A'ya göre 1. mertebeden ise, diferansiyel hız ifadesi;

$$-\frac{d[A]}{dt} = k[A] \quad (16.1)$$

eşitliği ile gösterilir. Bu eşitlik yeniden düzenlenir ve integrali alınırsa;

$$\ln[A] = -kt + \ln[A]_0 \quad (16.2)$$

olarak integral hız ifadesi elde edilir. Bu eşitlikte;

$[A]_0$ = Reaktanın başlangıç konsantrasyonu

$[A]$ = Reaktanın t anındaki, reaksiyona girmeden kalan konsantrasyonu

t = Zaman

k = Hız sabiti

Reaksiyon hızı çeşitli yöntemlerle belirlenebilir. Bunlardan biri de polarimetrik yöntemdir. Bu yöntem şeker gibi optikçe aktif maddeler için uygundur.

Işık, yayılma doğrultusu etrafındaki bütün olası yönlenmelerde titreşim yapan çok sayıda elektromanyetik dalgadan oluşmuştur. Eğer, bu doğal demetlerden sadece belirli bir düzlemde titreşim yapan ışınlar seçilirse, bu tarz ışınlara düzlem polarize ışık denir.

Dairesel polarize ışık, içinde elektriksel bileşenin (ve dolayısıyla manyetik bileşenin) doğrultusu etrafında, saat yönünde veya saat yönünün tersi yönde bir spiral oluşturduğu dalgayı temsil eder.

Düzlem polarize ışık, biri saat yönünde, diğeri tam tersi yönde dönen ve aynı titreşim genliğine sahip iki dairesel polarize ışığın vektörel toplamıdır.

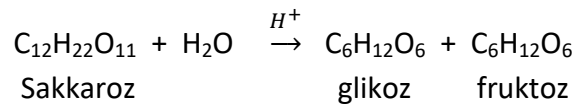
Düzlem polarize ışık, bazı maddelerden geçtiğinde titreşim düzlemi belli bir açı kadar değişir. Böyle maddelere “optikçe aktif maddeler” denir. Optikçe aktif maddeler, asimetrik karbon atomuna sahiptirler. Merkezdeki karbon atomuna bağlı dört grup birbirinden farklı ise buna “asimetrik karbon atomları” ya da “kiral karbon atomları” denir.

Polarize ışığı çevirme açısının değişim miktarı optikçe aktif maddenin konsantrasyonu ile orantılıdır. Bu yolla optikçe aktif maddenin miktarını belirlemek mümkündür. Polarize ışık düzlemini saat yelkovanı yönünde çevirenler sağa çevirenler (dekstro-), aksi yönüne çevirenler ise sola çevirenler (levo-) denir. Çevirme açısına etki eden faktörler;

1. Sıcaklık
2. Kullanılan ışığın dalga boyu
3. Işığın içinden geçtiği yolun uzunluğu
4. Maddenin yapısı
5. Maddenin konsantrasyonu

dur. Bu deneyde sakkarozun inversiyon reaksiyonunun kinetiği incelenecektir. Reaksiyonda sakkaroz (şeker) inversiyona (dönüşüme) uğradıkça konsantrasyonu, dolayısıyla da çevirme açısı değişecektir. Böylece hız sabiti bulunabilecektir.

Kamış şekerinin inversiyonu, çözeltiden geçirilen polarize ışığın çevirme açısının polarimetre yardımıyla ölçülmesiyle incelenebilir. İnversiyon;



reaksiyon denklemi ile gösterilebilir. Bu reaksiyonun hızı, sakkaroz, su ve hidrojen iyonlarının konsantrasyonlarına bağlıdır. H⁺ iyonları bu reaksiyonda katalizör olarak görev yaparlar. Aşırı miktarda ortamda bulunduğundan, su konsantrasyonu sabit olarak kabul edilebilir. H⁺ konsantrasyonu da reaksiyon süresince değişmediğinden, reaksiyon, sakkarozla göre birinci mertebeden bir reaksiyon olarak düşünülebilir. Bu reaksiyonda yer alan maddeler H₂O hariç optikçe aktif maddelerdir.

Sakkaroz polarize ışık düzlemini sağa, reaksiyon ürünlerinden glikoz yine sağa, fruktoz ise sola çevirir. Fakat fruktozun molar çevirmesinin, glikozun molar çevirmesinden daha büyük oluşu ve reaksiyon sonucunda meydana gelen reaksiyon ürünlerinin mol sayılarının da eşit oluşu nedeniyle, ürün karışımı toplam olarak polarize ışık düzlemini sola çevirir. İnversiyon reaksiyonunda başlangıçta sağa olan çevirme açısı reaksiyonun ilerleyişi ile azalır ve sonuçta reaksiyon karışımının polarize ışık düzlemini sola çevirdiği gözlenir.

Reaksiyon karışımının başlangıçta ($t=0$) da okunan çevirme açısı, α_0 ve reaksiyon sonunda okunan çevirme açısı, α_∞ , arasındaki fark sakkarozun başlangıç konsantrasyonunun bir ölçümüdür. Herhangi bir t anındaki sakkaroz konsantrasyonu ise, t zamanında ölçülen çevirme açısı, α_t ile α_∞ arasındaki fark;

$$[A] = \alpha_t - \alpha_\infty \quad (16.3)$$

ile orantılıdır. Bu durumda Eşitlik (16.2)'de yer alan konsantrasyon terimleri yerine orantılı oldukları büyüklükler çevirme açıları cinsinden konularak sakkarozun inversiyon reaksiyonunun hız sabiti, k bulunur.

16.3. Alet ve Maddeler

Polarimetre, 2 adet 100 mL'lik beher, 1 adet 25 mL'lik pipet, mezür, 1 N HCl çözeltisi, %20'lik sakkaroz çözeltisi.

16.4. Deneyin Yapılışı

1. İki ayrı 100 mL'lik behere pipet ile 25 mL %20'lik sakkaroz çözeltisi ve 1-1,5 mL 1 N HCl çözeltisi koyup karıştırınız. Zamanı kaydediniz ve bu anı reaksiyonun başlangıç zamanı olarak kabul ediniz.
2. Birinci beherdeki çözeltiyi polarimetre tüpüne koyarak çevirme açısını 15. dakikada okuyunuz.
3. 15'er dakika ara ile 4 kez okuma yapınız. Okuduğunuz bu açılar α_t 'lerdir.
4. İkinci beherdeki asitli şeker çözeltisini 65 °C'ye kadar ısıtınız, böylece inversiyon hızlanmış olur. Oda sıcaklığına kadar soğutunuz ve tekrar çevirme açısını okuyunuz. Bu değer α_∞ 'dur.

16.5. Hesaplamalar ve Sonuçlar

1. Okuduğunuz α_t değerlerini zamana karşı grafiğe yerleştiriniz ve ekstrapolasyonla $t = 0$ anındaki çevirme açısını (α_0) bulunuz.
2. Her okunan değer için; $[A]_0 = \alpha_0 - \alpha_\infty$ ve $[A] = \alpha_t - \alpha_\infty$ değerlerini bulunuz.
3. Eşitlik (16.2)'ye göre $\ln \frac{[A]_0}{[A]}$ 'nın zaman (t)'a karşı grafiğini çizin ve doğrunun eğiminden hız sabiti (k)'yı bulunuz.
4. Her bir t anında okunan hız sabiti (k) değerlerini;

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{\alpha_0 - \alpha_\infty}{\alpha_t - \alpha_\infty} \quad (16.4)$$

eşitliğine göre hesaplayınız ve ortalama hız sabiti (k) değerini bulunuz.

17.DENEY

EBÜLYOSKOPİ

17.1. Amaç

Uçucu olmayan bir maddenin (NaCl) suyun içerisinde çözünmesinden sonra meydana gelen kaynama noktası yükselmesini saptamak, ilave edilen NaCl peletlerinin sayısı ile kaynama noktasında meydana gelen artış arasındaki ilişkiyi incelemek, kaynama noktası yükselmesi değerinden yararlanarak çözünen maddenin moleköl ağırlığını hesaplamaktır.

17.2. Teori

Çözelti, çözücü ve çözünen maddeden oluşan homojen bir karışımdır. Çözüneni uçucu olmayan bir çözeltide sadece çözücü buharlaşabilir ve çözünen maddenin buhar basıncı hemen hemen sıfırdır. Böyle bir madde bir çözücüde çözündüğünde çözücünün kimyasal potansiyeli azalır. Bu nedenden dolayı, çözeltilerde saf çözücüye göre daha az çözücü molekölü buharlaşır ve çözeltinin buhar basıncı saf çözücünün buhar basıncından daha düşük olur. Raoult kanununa göre çözeltinin buhar basıncı, saf çözücünün buhar basıncı ile çözücünün mol kesrinin çarpımına eşittir.

$$P = \frac{n_1}{n_1 + n_2} P^* \quad (17.1)$$

Bu eşitlikte,

P : Çözeltinin buhar basıncı,

P* : Saf çözücünün buhar basıncı,

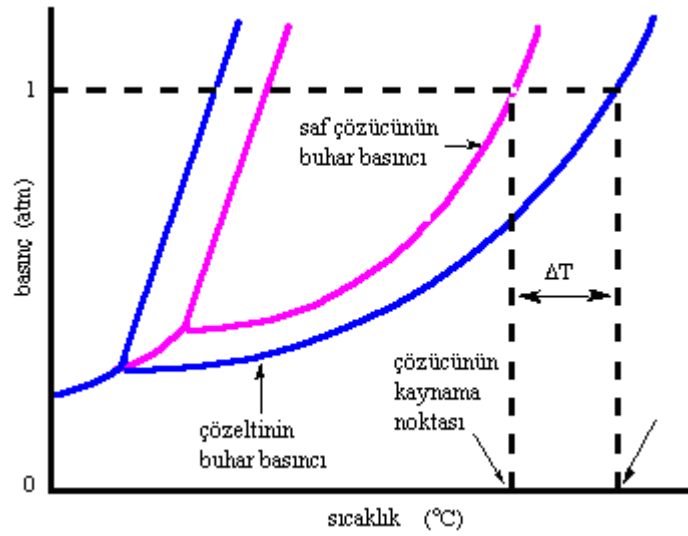
n₁ : Saf çözücünün miktarı,

n₂ : Çözünen maddenin miktarı

olarak tanımlanır. Çözeltide çözücünün kimyasal potansiyelinin azalmasının bir sonucu, çözeltinin kaynama noktasının saf çözücünün kaynama noktasından daha yüksek olmasıdır. Bir sıvının kaynama noktası, bu sıvının buhar basıncının atmosfer basıncına eşit olduğu durumdaki sıcaklık değeri olarak tanımlanır. Herhangi bir sıcaklıkta, çözeltide bulunan çözücünün buhar basıncı saf halinden daha düşüktür. Dolayısıyla çözeltinin kaynaması için saf çözücü için gerekenden daha yüksek sıcaklık gerekir. Çünkü hem saf çözücü hem de çözelti kaynamak için aynı basınca yani atmosfer basıncına ulaşmaya gerek duyar.

Saf çözücü ve bu çözücünün uçucu olmayan çözünen ile oluşturduğu çözelti için faz diyagramı Şekil 17.1'de görülmektedir.

Örneğin, suyun buhar basıncı 1 atm olan dış basınca sıcaklık 100°C olduğunda ulaşır. Suda herhangi bir madde çözündüğünde, buhar basıncı düşer ve 100°C'da buhar basıncı 1 atm'den daha düşüktür. Bu durumda, moleküllerin kinetik enerjisini arttırmak ve sıcaklığın yükselmesi için ısı enerjisi gerekir öyle ki çözelti kaynamaya ulaşsın. Çözelti için saf çözücünden daha fazla enerji gereksiniminin sebebi, çözelti içinde yenilmesi gereken çözücü ve çözünen arasında doğan karşılıklı çekim kuvvetleridir.



Şekil 17.1. Saf çözücü ve çözeltisine ait faz diyagramı

Çözelti, saf çözücünün kaynama noktası T_0 'da değil ancak daha yüksek T sıcaklığında kaynar ve bu iki sıcaklık arasındaki fark, kaynama noktası yükselmesi ΔT olarak tanımlanır;

$$\Delta T = T - T_0 \quad (17.2)$$

Kaynama noktası yükselmesi bir kolligatif özellik olup, çözünen taneciklerin konsantrasyonuna bağlıdır. Kaynama noktası yükselmesinin uygun aparatlar kullanılarak deneysel olarak belirlenmesi yöntemine Ebüliyoskopi denir. Çözücünün özelliklerini kullanarak çözünen maddenin molekül ağırlığı hesaplanabilir.

$$\Delta T = K_b \cdot m \quad (17.3)$$

K_b , ebüliyoskopi sabiti, kullanılan çözücüye bağlıdır. Molalite m ile gösterilir ve 1000 g çözücüye ilave edilen çözünen maddenin mol sayısı olarak tanımlanır. Molalite sıcaklıktan bağımsızdır.

17.3. Alet ve Maddeler

Sıcaklık ölçer, sıcaklık probu, ısıtıcı, iç ve dış tüpten oluşan deney düzeneği, 250 mL'lik cam balon, 250 mL'lik beher, silikon hortum, adaptör, su, sodyum klorür (NaCl), spatül ve pens.

17.4. Deneyin Yapılışı

1. Deney düzeneğini Şekil 17.2'de gösterildiği şekilde kurunuz.
2. İç tüpü kuru olarak tartınız ve okuduğunuz değeri (m_1) kayıt ediniz.



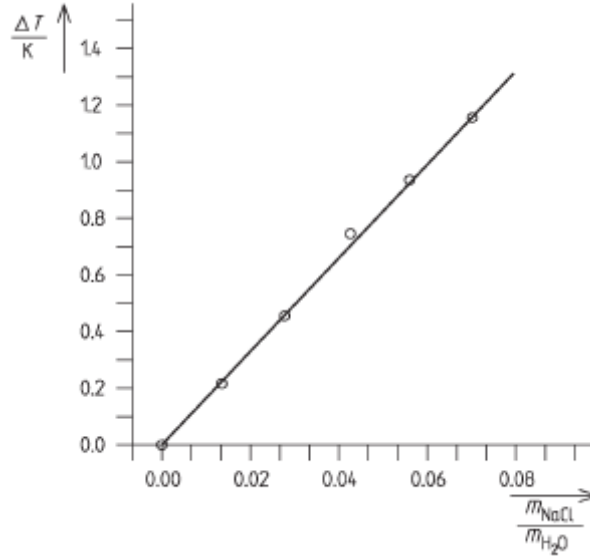
Şekil 17.2. Deney Düzeneği

3. Ölçümler sırasında su buharı, iç tüpe yan açıklık (delik) sayesinde girer. İç tüpün buhar ile kaplanmasına izin vermeyiniz.
4. Cam balonu 150-200 mL kadar su ile doldurunuz ve su dolu balonu birleştirdiğiniz deney düzeneğine bağlayınız.
5. İki kısa silikon hortumu dış tüpün iki gaz çıkışına takınız ve bu hortumların boşa olan uçlarını 250 mL'lik beherin içinde olacak şekilde yerleştiriniz.
6. Alttaki hortuma sıkıştırıcı (kısırtıcı) klipsi takınız ve hortumu serbest bırakacak şekilde ayarlayınız.
7. İç tüpün içine yaklaşık 40 mL su koyunuz ve sıcaklık probunu tüpün üst girişine sabitleştirerek kapatınız.
8. NaCl ile her biri 700 mg olacak şekilde 5 adet pelet hazırlayınız ve hazırladığınız bu peletleri tartınız, okuduğunuz değeri (m_{NaCl}) kaydediniz.

9. Kaynaması için cam balondaki suyu ısıtınız. Kaynayan suyun buharı dış tüpün içine kadar yükselerek iç tüpü ısıtacaktır, ısıtma hızını güç kontrolü ile takip ediniz.
10. İç tüpteki sıcaklık dijital sıcaklık ölçerde °C olarak gösterilir. İç tüpteki sıcaklık kaynama noktasına ulaşp daha fazla yükselmeye devam etmediğinde, kaynama duruncaya kadar ısıtmayı durdurunuz.
11. Dış tüp üzerindeki buharın yoğunlaşarak balona geri dönmesini sağladıktan sonra ısıtmayı tekrar başlatınız.
12. Kaynama tekrar başladığında sıkıştırıcı klipsi kapatınız. Bu işlemten sonra buhar iç tüpe geçecektir.
13. Sıcaklık ölçeri sıcaklık değişimi ΔT 'yi ölçmek için ayarlayınız. Sıcaklık ölçerin gösterdiği değer sabit kalıncaya kadar bekledikten sonra iç tüpün kapağını çok dikkatli bir şekilde açarak ilk NaCl peletini ekleyiniz ve çok hızlı bir şekilde tekrar kapatınız.
14. Peletin su içerisinde çözünmesiyle sıcaklık artacaktır. Sıcaklık değeri sabit kaldığında bu değeri kayıt ediniz.
15. Aynı işlemi diğer NaCl peletleri içinde tekrarlayınız ve okuduğunuz sıcaklık değerlerini kayıt ediniz.
16. 5 adet NaCl peleti için ölçümler tamamlandıktan sonra ilk olarak, sıkıştırıcı klipsi açınız ve ısıtmayı durdurunuz. Soğuma devam ederken, iç tüpteki çözeltinin su dolu balon içine geçmemesine dikkat ediniz.
17. İç tüpü deney düzeneğinden ayırınız, dış yüzeyini kuruladıktan sonra sıcaklık probunu çıkarınız ve iç tüpü tekrar tartınız. Okuduğunuz değeri (m_2) kayıt ediniz.

17.5. Hesaplamalar ve Sonuçlar

1. m_2 , m_1 ve 5 adet NaCl peletinin ağırlıklarını kullanarak suyun ağırlığını ($m_{H_2O} = m_2 - m_1 - 5m_{NaCl}$) hesaplayınız.
2. 5 adet NaCl peleti için bulduğunuz kaynama noktasındaki yükselme değeri ΔT , m_{NaCl} ve m_{H_2O} değerlerini kullanarak Şekil 17.3'teki grafiği oluşturunuz.



Şekil 17.3 Kaynama noktası yükselmesi değerinin sudaki NaCl miktarı ile değişimi.

3. Herhangi bir NaCl peleti için gerçekleştirdiğiniz ölçümün verilerini ve Eşitlik 17.3'ü kullanarak çözeltinin molalitesi m 'yi hesaplayınız. Su için ebüliyoskopi sabiti, $K_b = 0,515 \text{ K.kg/mol}$ dür.
4. m değerinin tanımından yola çıkarak NaCl molekül ağırlığını hesaplayınız.
5. NaCl'nin gerçek molekül ağırlığı ile elde ettiğiniz sonucu karşılaştırarak deney sonucunu ve kaynama noktası yükselmesinin çözeltinin konsantrasyonu ile değişimini yorumlayınız.

18. DENEY

VICTOR MEYER YÖNTEMİ İLE MOLEKÜL AĞIRLIĞININ BULUNMASI

18.1. Amaç

Victor-Meyer yöntemi ile uçucu olan bir sıvının (aseton) molekül ağırlığının bulunmasıdır.

18.2. Teori

Yeni atom ağırlıkları sistemi, karbonun en bol bulunan izotopu C-12'yi temel almaktadır. Bu sistemde, C-12'nin atom ağırlığı 12,000 olarak kabul edilmiş, diğer atom ağırlıkları da bu kabule göre belirlenmiştir. Örneğin; oksijenin atom ağırlığı 15,999 ve molekül ağırlığı da 31,998 dur. Oksijenin molekül ağırlığı ve Avagadro Kanunu kullanılarak diğer gazların molekül ağırlıkları hesaplanabilir. Avagadro Kanununa göre, aynı sıcaklık ve basınçta, bütün gazların eşit hacminde eşit sayıda molekül bulunur. Belirli koşullar altında 1 mol oksijenin hacmi deneysel olarak saptandığında, bu hacim aynı zamanda diğer gazların da aynı koşullardaki hacmine eşit olacaktır. Bu hacimdeki gazın ağırlığı aslında o gazın molekül ağırlığıdır.

Oksijenin yoğunluğu normal koşullarda (1 atm, 273,15 K) $d = 1,4276 \text{ g.L}^{-1}$ olduğuna göre, oksijenin bu koşullardaki molar hacmi $31,998/1,4276 = 22,413 \text{ L.mol}^{-1}$ dır ve bu değer ideal bir gazın normal koşullardaki molar hacmidir. Herhangi bir gazın molekül ağırlığını tayin etmek için, o gazın normal koşullarda 22,413 L'nin ağırlığının bulunması gerekir. Ancak, gerçek gazlar ideal bir gaz gibi davranmadıklarından deneysel ölçümlerde uygun bir düzeltmenin kullanılması gerekir.

Gazların molekül ağırlıklarının bulunması için kullanılan başlıca yöntemler; Berthelot Yöntemi, Regnaults Yöntemi, Dumas Yöntemi, Hofmann Yöntemi, Limit Yoğunluk Yöntemi ve Victor Meyer Yöntemidir. Bu yöntemler arasında en yaygın olarak kullanılanı Victor Meyer Yöntemidir. Yöntem ilk olarak 1878 yılında Zürich Üniversitesi Profesörlerinden Victor Meyer tarafından bulunmuştur. Uçucu olan sıvı maddelerin molekül ağırlıklarının bulunması için sıklıkla kullanılan ve kolay uygulanan bir yöntemdir. Bunun nedeni, büyük hacimli gazlar yerine sıvı maddelerin tartımlarının kolay oluşudur.

Victor Meyer Yöntemi, tartısı bilinen uçucu bir sıvının hacminin ölçülmesi ilkesine dayanır. Bu hacim buharlaşan sıvı ile yer değiştiren havanın hacmine eşittir. Buhar ile yer değiştiren hava hacmi ölçülerek, ideal gaz kanunu;

$$PV = \frac{w}{M}RT \quad (18.1)$$

yardımları ile sıvının molekül ağırlığı hesaplanır. Bu eşitlikte;

W : Sıvının kütlesi (g),

M : Molekül ağırlığı (g.mol^{-1}),

R : İdeal gaz sabiti,

T : Mutlak sıcaklık (K)

V : Buharın ittiği havanın hacmi (L)

P : Buharın ittiği kuru havanın kısmi basıncıdır ve

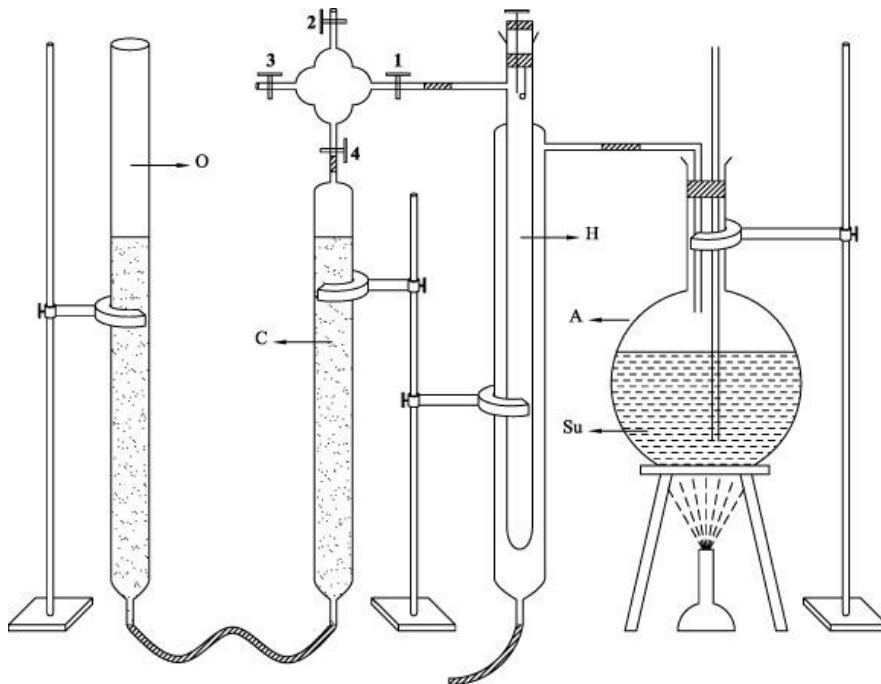
$$P = P^l - P_{H_2O} \quad (18.2)$$

ile gösterilir. Bu eşitlikte,

P^l : Barometre basıncı (atm)

P_{H_2O} : Suyun buhar basıncı (atm) dır.

18.3. Alet ve Maddeler



Şekil 18.1 Victor Meyer Deney Düzenegi

Deney düzeneği Şekil 18.1’de gösterilmiştir. Düzenek başlıca dört parçadan meydana gelmiştir. Ucunda kapiler bir boru olan baloncuk (G), buharlaştırma tüpü (H), buhar tarafından itilen kuru havanın hacmini ölçmek için büret (C), buharlaştırma tüpünün etrafındaki buhar mantosuna (B) bağlı buhar jeneratörü (A). Bu denemede kullanılacak sıvı madde asetondur.

18.4. Deneyin Yapılışı

1. Barometre basıncını, P (atm) okuyunuz.
2. Baloncuk (G)’u boşken hassas olarak tartınız ve tartım değerini (W_1) kaydediniz.
3. Baloncuğu aseton ile doldurunuz ve baloncuğu dolu olarak tartınız. Tartım değerini (W_2) kaydediniz.
4. Buhar jeneratörü olarak kullanılan balondaki suyu kaynatınız ve buharlaştırma tüpünü buhar mantosunda 30–40 dakika süreyle tutarak buharın geçmesini sağlayınız.
5. Baloncuğu düzenepteki hazneye yerleştiriniz ve tıpasını kapatınız.
6. Aseton sıcaklığı 90°C kadar bu ortamda hemen buhar haline geçer. Meydana gelen buhar, bir miktar havanın C büretine geçmesine neden olur. D kolunu aşağı yukarı hareket ettirerek büretteki bu havanın basıncının sistemin başlangıçtaki basıncına gelmesini sağlayınız. Bu konumda havanın hacmini V (mL) büretten okuyunuz.
7. Barometre basıncını, P (atm) tekrar okuyunuz.

18.5. Hesaplamalar ve Sonuçlar

1. Deneyde kullandığınız asetonun miktarını (W) hesaplayınız.

$$W = W_2 - W_1 \quad (18.3)$$

2. Deney sıcaklığındaki suyun buhar basıncını (P_{H_2O}), Tablo 18.1'den okuyarak, kuru havanın kısmi basıncını Eşitlik 18.2'yi kullanarak hesaplayınız.

Tablo 18.1. Suyun değişik sıcaklıklardaki Buhar Basıncı değerleri

T (°C)	P_{H_2O} (mmHg)	T (°C)	P_{H_2O} (mmHg)	T (°C)	P_{H_2O} (mmHg)
10	9,209	16	13,364	22	19,827
11	9,844	17	14,530	23	21,068
12	10,518	18	15,477	24	22,377
13	11,231	19	16,477	25	23,756
14	11,987	20	17,535	26	25,209
15	12,788	21	18,650	27	26,739

3. Bulduğunuz değerleri Eşitlik 18.1'de yerine koyarak asetonun moleköl ağırlığını hesaplayınız.
4. Asetonun gerçek moleköl ağırlığı ile bulduğunuz değeri karşılaştırarak, deneydeki bağıl hatanızı hesaplayınız ve hata kaynaklarını yorumlayınız.

19.DENEY

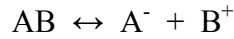
AYRIŞMA DENGESİ

19.1. Amaç

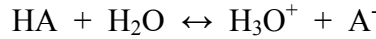
Karboksilik asitlerin ayrışma dengesi yolu ile asitlik sabitlerinin bulunmasıdır.

19.2. Teori

Zayıf elektrolitik özellikteki çözünen maddelerinin çözücü içerisinde iyonlarına ayrılması %100 oranında gerçekleşmemektedir. Bu tür bir çözelti içerisinde iyonlara ayrılmış moleküllerin sayısının, ilk anda çözünmemiş bütün moleküllerin sayısına oranına dissosiasyon derecesi denmektedir. Bu halde çözünen maddenin dissosiyasyon oranı ile dissosiyasyon olmayan moleküller arasında bir denge oluşur.



Zayıf bir HA asidi, suda aşağıdaki dengeyi oluşturur:



Bu ifadede A^- , asidin konjuge bazıdır. Eğer seyreltik çözeltiler söz konusu ise, suyun aktivitesi yaklaşık olarak 1'e eşit olmaktadır ve denge asitlik sabiti (K_a);

$$K_a = \frac{a_{H_3O^+} + a_{A^-}}{a_{HA}} \sim \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]} \quad (19.1)$$

şeklinde yazılabilmektedir.

K_a terimleri genel olarak negatif logaritması alınarak, pK_a şeklinde de kullanılabilmektedir.

$$pK_a = -\log K_a \quad (19.2)$$

Çok yüksek bir pK_a değeri, K_a 'nın çok düşük olduğunu, dolayısıyla asidin zayıf olduğunu göstermektedir. Karboksilik asitler ($R-COOH$) sulu çözeltilerde kısmen iyonlaşabilen zayıf elektrolitlerdir.



Ayrışma dengesi nicel olarak dissosiasyon asitlik sabiti K_a veya pK_a değeri ile karakterize edilmektedir.

$$K_a = \frac{a_{R-COO^-} \cdot a_{H^+}}{a_{R-COOH}} \sim \frac{[R-COO^-][H^+]}{[R-COOH]} \quad (19.3)$$

Bir miktar baz ilavesi sonrasında (ancak stokiometrik noktaya ulaşılmadan önce) A^- iyonları konsantrasyonunun hemen tamamı ortamda mevcut olan tuzdan kaynaklanır, çünkü zayıf asit

ortama çok az sayıda A⁻ iyonu verir. Bu nedenle S, tuzun molar konsantrasyonunu göstermek üzere [A⁻] = S yazılabilir. Buna göre HA' nın molar konsantrasyonu A' = A⁻S olur. Böylece;

$$K_a = \frac{aR - COO^- \cdot aH^+}{aR - COOH} = \frac{aH^+ \cdot S^+}{A'} \quad (19.4)$$

Bu tüetmede A⁻ nın aktivite katsayısının yaklaşık olarak 1'e eşit olduğu kabul edilmiştir ve bu yaklaşıma bağlı olarak;

$$pH = pK_a - \log \frac{A'}{S} \quad (19.5)$$

yazılır. Bu bağıntı Henderson-Hasselbach eşitliği olarak adlandırılır. A' asidin çözeltideki molar konsantrasyonu ve S çözeltideki bazın molar konsantrasyonunu gösterdiğinden bu eşitlik genel olarak;

$$pH = pK_a - \log \frac{[Asit]}{[Baz]} \quad (19.6)$$

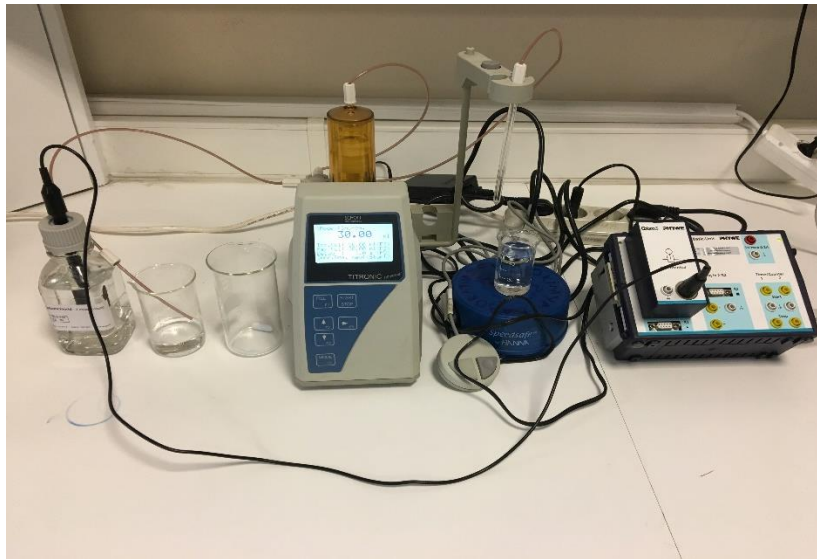
şeklinde ifade edilir. Asit ve tuzun konsantrasyonları dengeye ulaştığında;

$$pK_a = pH \quad (19.7)$$

yazılır.

19.3. Alet ve Maddeler

Manyetik karıştırıcı, manyetik balık, beher, balon joje, Cobra3 Chem-unit, pH elektrodu, formik asit, asetik asit, monokloroasetik asit, propiyonik asit, n-bütirik asit, distile su, sodyum hidroksit.



Şekil 19.1 Ayrışma dengesi deney düzeneği.

19.4. Deneyin Yapılışı

1. Düzenek  ekil 19.1'deki gibi kurulur.
2. Sistem açıldıktan sonra cihaz ölüm için ayarlanarak aşağıdaki şekilde g r ld ğu gibi pH ölümü seçeneği aktive edilir.
3. Tablo 19.1'de verilen karboksilik asit   zeltiilerinden konsantrasyonları 0,1 M olacak şekilde 100 mL'lik balonjojelere hazırlanır.
4. Manyetik karıştırıcı üzerindeki beher 60 mL distile su ile doldurulduktan sonra üzerine 5 ml karboksilik asit çözeltisi ilave edilir.
5. Diğer beher içerisine de 0,1 M NaOH   zeltisi doldurulur.
6. Titrasyon işlemi başlatılır ve bu esnada pH metre aracılığı ile pH'daki değişim  l  l r.

The screenshot displays the 'Measurement Titration' window of the Chem-Unit software. The window is divided into several sections:

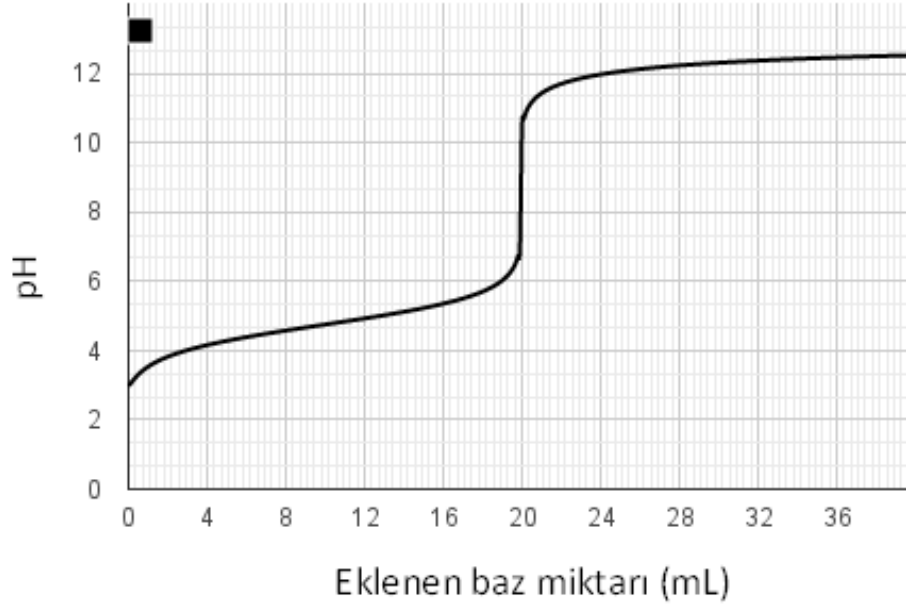
- Execute Measurement:** Includes a dropdown menu set to 'with motor burette', and input fields for 'Reaction time' (10 s), 'Dash volume' (0,25 ml), and 'Mass increment' (10 g).
- X data:** Includes checkboxes for 'Conductivity', 'Number', 'Enter volume after measurement', and 'Volume' (which is checked). The 'Volume increment' is set to 0,25 ml.
- Channels:** A list of measurement channels with checkboxes. 'pH Value' is checked, while others like 'Conductivity', 'Temperature Pt1000', and 'Voltage' are unchecked.
- Preferences:** A section with tabs for 'Conductivity', 'pH / Potential' (selected), 'Temp.', 'Analog In', and 'Balance'.
- End of measurement:** Includes a radio button for 'on key press' (selected), and fields for 'time' (07:17:49), 'after' (0 values), and 'if' (pH Value). There are also radio buttons for 'bigger' and 'smaller'.
- Allocate memory for:** A dropdown menu set to '100.000 Values'.

At the bottom, there are buttons for 'Displays...', 'Calibrate...', 'Continue', and 'Cancel'. The version number 'ChemUnit - 01.05' is displayed in the bottom right corner.

 ekil 19.2 Chem-Unit program aray z .

19.5. Hesaplamalar ve Sonuçlar

1. Cihaz tarafından Şekil 19.3 te gösterilene benzer bir grafik elde edilir.



Şekil 19.3 Zayıf asit- kuvvetli baz titrasyon eğrisi

2. Grafikten asitlerin pK_a değerleri hesaplanarak, Tablo 19.1’de ilgili kısımlara yazılır.
3. Bu değerlerden Eşitlik 19.2’den faydalanılarak asitlerin K_a değerleri bulunur.

Tablo 19.1 Asitlerin pK_a ve K_a değerleri

Asit	pK_a	K_a

KAYNAKLAR

1. Alberty R.A., *Physical Chemistry*, 6th Ed., John Wiley and Sons, New York, 1983.
2. Atkins, P.W., *Physical Chemistry*, Oxford University Press, 1998.
3. Berkem, A.R., ve Baykut, S., *Fizikokimya*, İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul 1994.
4. Cebe M., *Fizikokimya*, Cilt 1, Uludağ Üniversitesi Basımevi, 1987.
5. Castellan G.W., *Physical Chemistry*, 2nd Ed., Addison-Wesley Publishing Company, Maryland, 1973.
6. CRC Handbook of Chemistry and Physics; CRC Press LLC, 2004.
7. Davies D.G. and Kelly T.V.G., *Experimental Physical Chemistry*, Mills and Moon Lim., London, 1967.
8. Mortimer, R.G., *Physical Chemistry*, Third Ed., The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc., USA, 2000.
9. Schafer, W., Klunker J., Schelenz T., Meier T., Symonds A., *Laboratory Experiments in Chemistry*, Phywe-Series of Publications, 2007.
10. Şenvar C., *Kimyasal Kinetik ve Makromoleküller*, Marmara Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 1985.
11. Alput O., *Kimyasal Termodinamik*, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 1980.
12. en.wikipedia.org
13. www.chembook.co.uk

PERİYODİK TABLO

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	VIII B	VIIIB	IB	IIB		IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
1 H Hydrogen 1.00794	2 He Helium 4.002602																
3 Li Lithium 6.941	4 Be Beryllium 9.012182																
5 Na Sodium 22.989770	6 Mg Magnesium 24.3050																
7 K Potassium 39.0983	8 Ca Calcium 40.078	9 Sc Scandium 44.955910	10 Ti Titanium 47.867	11 V Vanadium 50.9415	12 Cr Chromium 51.9961	13 Mn Manganese 54.938043	14 Fe Iron 55.845	15 Co Cobalt 58.933200	16 Ni Nickel 58.6934	17 Cu Copper 63.546	18 Zn Zinc 65.409	19 Ga Gallium 69.723	20 Ge Germanium 72.64	21 As Arsenic 74.92160	22 Se Selenium 78.96	23 Br Bromine 79.904	24 Kr Krypton 83.798
35 Rb Rubidium 85.4678	36 Sr Strontium 87.62	37 Y Yttrium 88.90585	38 Zr Zirconium 91.224	39 Nb Niobium 92.90638	40 Mo Molybdenum 95.94	41 Tc Technetium (98)	42 Ru Ruthenium 101.07	43 Rh Rhodium 102.90550	44 Pd Palladium 106.42	45 Ag Silver 107.8682	46 Cd Cadmium 112.411	47 In Indium 114.818	48 Sn Tin 118.710	49 Sb Antimony 121.760	50 Te Tellurium 127.60	51 I Iodine 126.90447	52 Xe Xenon 131.293
53 Cs Cesium 132.90546	54 Ba Barium 137.327	55 La Lanthanum 138.9047	56 Hf Hafnium 178.49	57 Ta Tantalum 180.9479	58 W Tungsten 183.84	59 Re Rhenium 186.207	60 Os Osmium 190.23	61 Ir Iridium 192.222	62 Pt Platinum 195.078	63 Au Gold 196.96655	64 Hg Mercury 200.59	65 Tl Thallium 204.3833	66 Pb Lead 207.2	67 Bi Bismuth 208.98039	68 Po Polonium (209)	69 At Astatine (210)	70 Rn Radon (222)
87 Fr Francium (223)	88 Ra Radium (226)	89 to 103	104 Rf Rutherfordium (261)	105 Db Dubnium (262)	106 Sg Seaborgium (266)	107 Bh Bohrium (264)	108 Hs Hassium (269)	109 Mt Meitnerium (268)	110 Ds Darmstadtium (271)	111 Rg Roentgenium (272)	112 Uub Ununbium (285)	113 Uut Ununtrium (284)	114 Uug Ununquadium (289)	115 Uup Ununpentium (288)	116 Uuh Ununhexium (292)	117 Uus Ununseptium (293)	118 Uuo Ununoctium (294)

Parantez içerisinde bilinen ve en kararlı izotopların atomik kütleleri verilmiştir.

Note: The subgroup numbers 1-10 were added in 1978 by the International Union of Pure and Applied Chemistry. The names of elements 112-118 are the Latin equivalents of those numbers.